





أنظمة ضخ المياه بالطاقـــــة الشمسية

PV Water Pumping System

دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

مراجعة
دكتور مهندس
محمد مصطفى الخياط

أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

PV Water Pumping System

دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

مراجعة
دكتور مهندس
محمد مصطفى الخياط

عبارة مكتوبة في جامعة هارفارد

تقـــــول:

"ألم الدراسة لحظة وتنتهي ولكن إهمالها ألم يستمر مدى الحياة"

اللـــــــهم لاتجعلنا ممن يهمل الدراســــــة

أهداء

أهدى هذا العمل إلى زملائى واخوانى وأخواتى وأبنائى مهندسى وفنى محافظة الوادى الجديد الذين وجدتهم جادين فى طلب العلم وبذلك أكون قد حققت أمنيتهم بوجود كتاب باللغة العربية عن أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية.

مقدمة

تعتبر المياه مصدر الحياة لجميع الكائنات الحية، وأهم المصادر الطبيعية وأكثرها قيمة حيث أن المياه تغطي حوالي 71% من الأرض، وتمثل حوالي 65% من جسم الإنسان، و70% من الخضروات وحوالي 90% من الفاكهة. حيث تحتوي الأرض على كميات كبيرة من المياه العذبة متمثلة في المياه الجوفية والسطحية .تتميز مصر بانتشار وتواجد المياه الجوفية بمناطق وادي النيل والدلتا والصحراء الغربية والشرقية وشبه جزيرة سيناء، ولذا فأن تنمية الصحراء المصرية تعتبر من أهم عوامل التنمية لما توفره من غذاء وفرص عمل وتصدير بعض المنتجات الزراعية والتعدينية وعائد السياحة وغيرها، ومن هنا كان الإهتمام بالمياه الجوفية كأحد الموارد المائية غير التقليدية و أحد العناصر الهامة لتنمية الصحراء.

إن لإستخراج وضخ المياه الجوفية تاريخ طويل، فقد مرت طرق الضخ بتطورات عديدة من حيث استخدام مصادر الطاقة: الطاقة البشرية، الحيوانية، المائية، الرياح، الديزل، الطاقة الشمسية .

من الملاحظ أن مضخات المياه بالطاقة الأحفورية تشكل عبئا بيئيا وماديا بسبب ارتفاع أسعار النفط وما تنتجه من انبعاثات ضارة ، بينما تمثل مضخات المياه بالطاقة الشمسية أحد أنجح البدائل الممتازة النظيفة بيئيا مقارنة بانظمة الضخ بالوقود الأحفوري.

وتتمتع مصر بموقع فريد ومميز من حيث وجودها في نطاق الحزام الشمسي مما جعلها من الدول المرشحة بقوة لتصبح من الدول المصدرة للكهرباء المنتجة من الشمس.

إن استخدام الطاقة الشمسية لضخ المياه الجوفية من أهم التطبيقات كطاقة بديلة نظرا لما تحققه من توفير اقتصادي على المدى الطويل، بالإضافة إلى الاستفادة من المياه في الاستعمال اليومي وخاصة في المناطق النائية' ويتكون نظام الضخ الشمسي من الألواح الشمسية ومضخة المياه والعاكس وملحقات عبارة عن كابلات وأجهزة وقاية وأجهزة الاستشعار لمنسوب المياه، وهذا ما يشتمل عليه كتاب : **"أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية»**

والذى يربط الجانب النظرى بالجانب العملى، و يحتوي الكتاب على 10 أبواب تتعرض لـ : المياه الجوفية في مصر- حفر الآبار- أنواع مضخات المياه- مكونات وحسابات محطات ضخ المياه بالطاقة الشمسية- تطبيقات- تكاليف الانظمة- مقارنة بين تكاليف ضخ المياه بالديزل والطاقة الشمسية.

إن هذا الكتاب يحقق :

- مساعدة للعاملين والمهتمين بمجال الضخ بالطاقة الشمسية واعطائهم الدعم الفني والخبرة والتوعية، حيث أن كتابتة باللغة العربية جعلته مناسبا لقطاع عريض من المهندسين والفنين المتخصصين الباحثين عن المعرفة

- تحقيق الدور التوعوي لخطة النهوض بقطاع الطاقة الشمسية 2021/2022 - 2018/2019 والتي جاء بها :

نظرا لما تتضمنه خطط التنمية من توسيع الرقعة المأهولة في مصر بالامتداد إلى مناطق صحراوية بعيدة عن الشبكة الكهربائية، وما يتم تنفيذه من مشروعات قومية في هذه المناطق مثل «مشروعات الريف المصري» ، المثلث الذهبي، مشروع المليون فدان....... فأصبح هناك حاجة إلى إقامة النظم الشمسية الموزعة لأنتاج الكهرباء المنفصلة عن الشبكة الكهربائية، وعلى الأخص للوفاء باحتياجات ضخ ، وتحلية المياه سواء بذاتها أو بالارتباط مع مصادر تقليدية. وتقدر إجمالي القدرات التي ستقوم جهات حكومية خاصة بتنفيذه في إطار ذلك بحوالي 1000 ميجا وات و خلال سنوات الخطة وهو ما يقابل احتياجات ري 250 ألف فدان.

و يأتي هذا الكتاب كخطوة علي الطريق لتعميق مفاهيم ضخ المياه بالطاقة الشمسية بدعم من مشروع نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة الذي ينفذه مركز تحديث الصناعة بالشراكة مع البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة و بتمويل من مرفق البيئة العالمي

نرجو الله سبحانه وتعالى أن نكون قد وفقنا في هذا العمل لخدمة المهندسين و الدارسين و الفنيين المهتمين بهذا المجال

وفقنا الله جميعا لخدمة مصرنا الحبيبة ،،،،

أ.د. هند فروح

مدير المشروع القومي

نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة

مقدمة

مع كل إشراقة شمس تخطو نظم الخلايا الشمسية خطوة للأمام، تثبت فيها ملائمتها لتطبيقات جديدة ومنافستها لغيرها من مصادر الطاقة؛ بُدءَ استخدامها على مستوى المعامل ومختبرات الأبحاث منذ أكثر من ستين عامًا، ثم خرجت للتطبيقات التجارية على استحياء أوائل الألفين تساندها برامج حوافز قوية فى أوربا واليابان وأمريكا؛ أشهرها تعريفة التغذية والتعريفة المميزة بأسعار شراء تخطت الأربعين دولار سنت لكل كيلوات ساعة ومع هذا ظلت عصية على الانتشار، ثم حدثت النقلة النوعية منذ نحو ست سنوات، حيث تطورت تقنياتها وتوسع انتاجها خاصة بعد دخول الصين لتصبح البديل الأقل كلفة، ليس فقط على نطاق المشروعات الكبيرة ولكن على مستوى التطبيقات الصغيرة سواء المتصلة بالشبكة أو المعزولة وخاصة فى المناطق النائية البعيدة عن الشبكة.

بحسب تقرير شبكة الطاقة المتجددة، REN21، بلغت الاستثمارات العالمية فى مجالات الطاقة المتجددة حوالى 289 مليار دولار فى عام 2018، متجاوزة استثمارات الفحم والغاز؛ 95 مليار دولار، الأمر الذى يؤكد جاذبية الاستثمار فى الطاقة المتجددة. وقد بلغت القدرات المضافة خلال العام الماضى من الخلايا الشمسية حوالى100 جيجاوات باستثمارات تقارب 140مليار دولار؛ أى نصف استثمارات الطاقة المتجددة، يأتى هذا على الرغم من انخفاض معدلات الاستثمار بنحو22%، وهو ما يشير إلى انخفاض تكلفتها ويفسر ارتفاع قدراتها المركبة عالميًا.

على المستوى الوطنى، يعد مجمع بنبان للطاقة الشمسية، والمقام بمحافظة أسوان، بقدرة إجمالية 1465 ميجاوات، ينفذها القطاع الخاص من خلال 32 مشروع، أحد الرسائل الإيجابية ليس فقط للطاقة المتجددة ولكن أيضًا لواجهة الاستثمار فى مصر، فقد تم تدبير تمويل المجمع بالكامل؛ حوالى 2.2 مليار دولار، من مؤسسات تمويل دولية وإقليمية ومحلية، وهو ما يعكس ثقة تلك المؤسسات فى السوق المصري والاطمئنان إلى استقراره، خاصة مع مشروعات يصل أفق تشغيلها إلى 25 عام، وكذلك قدرة الطاقة المتجددة على جذب الاستثمار الأجنبي المباشر.

أيضًا، تؤكد مصادر الطاقة المتجددة عامة والشمسية خاصة قدرتها على المنافسة مع المصادر التقليدية حال تحرير الأخيرة من الدعم، فمع رفع الدعم عن وقود الديزل تصبح الخلايا الشمسية أحد البدائل المثلى لتشغيل مضخات المياه فى المناطق النائية، بما يسمح بإطلاق مشروع قومي لإحلال طلمبات الديزل بأخرى شمسية خاصة مع تبنى مصر برنامج زراعي طموح يهدف إلى استزراع 1.5مليون فدان خلاف إمكانية تحويل أكثر من 250 ألف مضخة مياه من الديزل إلى الطاقة الشمسية، وهو ما يخفض من فاتورة دعم المواد البترولية التى ترتفع بنحو 4 مليار جنية مع كل 1 دولار زيادة في سعر برميل البترول، أخذًا فى الاعتبار استهلاك قرابة الأربعة ملايين طن ديزل سنويًا فى نظم ضخ المياه فى مصر، بحسب كتاب الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء.

فى هذا الصدد أولت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة أهمية كبرى لتوفير البيانات المناخية لعموم المحروسة فأصدرت في نوفمبر 2017 أطلس شمس مصر وأتاحته للمهتمين على موقعها الإليكتروني ، www.nrea.gov.eg، بهدف المساعدة فى نشر تطبيقات الطاقة الشمسية. كما اعتمدت الهيئة آلية لاعتماد مُركبى نظم الخلايا الشمسية بهدف ضمان الجودة وإيجاد فرص عمل للشباب الأمر الذى أدى إلى اعتماد أكثر من ثلاثمائة شركة صغيرة تعمل فى مجال تركيبات نظم الخلايا الشمسية، ولاكتمال المنظومة يتولى معمل

اختبارات نظم الخلايا الشمسية اختبار مكونات تلك النظم بهدف ضمان جودتها وهو ما يتسق مع قرار السيد وزير الصناعة والتجارة رقم 914 لسنة 2018، بهدف إلزام مستوردي ومُصنعي مكونات الطاقة الشمسية؛ الخلايا الفوتوفلطية والسخانات الشمسية، باختبارها فى معامل الهيئة.

وبهدف تعظيم استخدامات نظم الخلايا الشمسية الصغيرة والمتوسطة، أصدر جهاز تنظيم الكهرباء مرفق وحماية المستهلك الكتاب الدوري رقم 3 لسنة 2017 لتشجيع تبادل واستخدام الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة الخلايا الفوتوفلطية بحد أقصى 20 ميجاوات إلى شبكة النقل / التوزيع؛ بحسب الحالة، باستخدام نظام صافى القياس.

في هذا الصدد، يمكن لأنظمة ضخ المياه الاستفادة من آلية صافى القياس حال ربط منظومة الرى بالشبكة الكهربائية أو إقامة نظم مستقلة تعمل بالتناوب مع وحدات الديزل؛ فى أحد زياراتى لمزرعة تعتمد على المياه الجوفية فى الرى أخبرنى الفنى المسئول عن تشغيل تلك النظم بأنه كان يستهلك برميل ديزل يوميا لكل بئر انخفضت إلى برميل كل أسبوع بعد استخدام الخلايا الشمسية، مما خفض تكاليف الإنتاج لديه ورفع تنافسية منتجاته فى السوق، خاصة أن لديه أربعة آبار، قدرة كل منها 80 كيلوات، وأنه بصدد حفر بئرين آخرين لزوم توسعات الإنتاج.

إن ما تشهده أسواق الطاقة فى مصر؛ سواء إعادة هيكلة تعريفة الطاقة الكهربائية من جهة وانخفاض أسعار الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة من جهة أخرى، يفتح المجال أمام المزيد من تطبيقات الطاقة المتجددة ويجعل من نظم ضخ المياه بالطاقة الشمسية أمرًا مسلمًا به، مما يعطى أبعادًا اقتصادية واجتماعية إيجابية تتمثل فى مزيد من فرص العمل، وإيجاد منظومة متكاملة تبدأ من التصميم وحتى التشغيل والصيانة.

الأمر الذى يعظم من قيمة الكتاب الذى بين أيدينا، «أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية» بتوافقه من حيث الموضوع مع تطورات سوق الطاقة المتجددة فى مصر، والحاجة إلى إيجاد كتاب مرجعى باللغة العربية ييسر للعاملين فى المجال؛ فنيين ومهندسين، مصدرًا دقيقًا لعرض البيانات والمعلومات ذات الصلة مع دراسات حالة لتصميم نظم ضخ مياه بالطاقة الشمسية.

ولا يسعنى فى هذا الموقف إلا أن اتوجه بخالص الشكر والتقدير للسيدة الدكتوره كاميليا يوسف على جهودها المخلصة فى نشر العلم وتبسيطه، وعلى تشريفى بالاطلاع على مسودات الكتاب والاستئناس بالرأى وهى قيد خطوط عريضة، ثم وهى تكتسى بلُحَمةِ العلم سطرًا سطرا، وتبوب بابًا بابا، وأخيرًا فى مسودتها النهائية قبل الدفع بها إلى المطبعة ومنها إلى أيدى جمهورها من المتخصصين.

د.م / محمد مصطفى الخياط
الرئيس التنفيذى
هيئة تنمية وإستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة

مقدمة المؤلف

الطاقة الكهربائية هي عماد الحياة نظرا لاستعمالاتها في العديد من المجالات، وبالإضافة إلى أن مصادر الطاقة التقليدية هي مصادر ناضبة وغير كافية لإتساع مدى استخداماتها، فكان التفكير في مصادر الطاقة المتجددة كطاقة بديلة للطاقة التقليدية، وفي ظل ارتفاع تكاليف المواد البترولية والكهرباء عالميا، فقد اتجهت أنظار الدول إلى استخدام الطاقة الشمسية كمصدر بديل وآمن للطاقة النظيفة المتجددة.

تقع مصر في نطاق الحزام الشمسي الذي تتراوح شدة إشعاعه الشمسي المباشر من 2000 ك و س / م2/ سنة شمالا، و 3200 ك و س/ م2/ سنة جنوبا، بعدد ساعات سطوع شمسي بين 11 – 9 يوميا، أي أن مصر تتمتع بجو مشمس طوال العام.

وتتمتع الطاقة الشمسية بالعديد من المميزات التي تشجّع على الاعتماد عليها واستخدامها، ومن أهم هذه المميزات :

- أنها مصدر متجدد للطاقة، فأشعة الشمس لا تنضب ومتوفرة دوماً فى جميع أنحاء العالم.

- إمكانية استخدامها لعدة تطبيقات، مثل: إنتاج الكهرباء والحرارة، وتحلية وتقطير المياه ، استخدامها لتزويد الأقمار الصناعية بالطاقة ، وفى أنظمة تكييف الهواء (تبريد / تدفئة) ، واستخراج وضخ المياه من الآبار

- إنخفاض تكاليف صيانتها، فبالرغم من ارتفاع تكاليف إنشائها إلّا أن صيانتها مُتاحة ورخيصة

- التطوّر المستمر في مجال تكنولوجيات الطاقة الشمسية، وخصوصاً تكنولوجيا النانو وفيزياء الكم والتي تسعى لتحسين كفاءة وفعالية أنظمة إنتاج الطاقة الشمسية مستقبلاً.

وفي العادة تتوافر المياه فى مجارى وآبار وتحتاج إلى طاقة لرفعها لمستوى الإستخدام ، ويلزم لذلك طاقة لضخها فى أنابيب ونقلها لمناطق الاستخدام . ولقد تطورت نظم الضخ بداية من استخدام الجهد البشرى ، ثم طاقة حيوانات الجر وماتوفر من طاقات طبيعية كطاقة الرياح ، وعند ظهور منتجات البترول والكهرباء وما صاحبها من إنتاج المحركات ثم الاستفادة من الطاقة الشمسية التى تعوض عن مصادر الطاقة التقليدية

وتعتبر مضخات المياه بالطاقة الشمسية هي المستقبل وهي الحل المناسب لجميع احتياجات إمدادات المياه فهي المستقبل للزراعة والشرب وغيرها، وتمتاز بأنها لاتحتاج إلى متابعة لأن عمرها الإفتراضي كبير وعمليات صيانتها محدودة جدا وغير مكلفة ولايصدر عنها ضوضاء أو ملوثات، بالإضافة إلى أن فترة استرداد رأس المال بالمضخات الشمسية مقارنة بمضخات الديزل تتراوح بين 3 : 5 سنوات.

نظرا لاهتمام الدولة بالطاقة الشمسية وتطبيقاتها، والتى منها ضخ المياه بالطاقة الشمسية ، كان مساعدة ودعم مشروع « نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة» لإصدار كتاب : "أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية" والذى يحتوى على 10 أبواب هى : المياه الجوفية فى مصر- حفر آبار المياه الجوفية - أنواع مضخات المياه - مكونات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الكهروشمسية - حساب مكونات محطات ضخ المياه بالطاقة الشمسية - ملحقات مضخات المياه والأعطال والإجراءات التصحيحية - تطبيقات أنظمة ضخ المياه الشمسية - تكاليف أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية - مقارنة بين تكاليف ضخ المياه بالديزل والطاقة الشمسية - التحليل الرباعي لضخ المياه بالطاقة الشمسية.

لغة الكتاب هى العربية مع المحافظة على ذكر المصطلحات الانجليزية مع ربط الواقع العملى بالمعلومات النظرية .

خالص الامتنان للدكتور / محمد مصطفى الخياط – الرئيس التنفيذى – هيئة تنمية وإستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة – والذى كان لسيادتة بصمة مميزة وثرية فى مراجعة الكتاب .

كذلك أتقدم بجزيل الشكر للسيدة أ.د. هند فروح - مدير المشروع القومي «نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة» على تفضل سيادتها بكتابة مقدمة الكتاب ، وعلى طباعة الكتاب .

ربنا تقبل منا إنك انت السميع العليم واسأل الله القبول

وصلى اللهم على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم

سبتمبر 2019

د.م / كاميليا يوسف محمد

الباب الأول

المياه الجوفية في مصر

(GROUND WATER IN EGYPT)

مقدمة

الماء .. سر الكون، متى وجدت تدب الحياة، فإذا غابت حلقت أطياف الموت والهلاك. اختزل القرآن قيمتها فى آية (وجعلنا من الماء كل شيء حى) ، صدق الله العظيم، سورة الأنبياء الآية 30، لذا سيظل الماء أغلى الموارد الطبيعية وأعظمها. ارتبط به الإنسان منذ فجر التاريخ عبر حضاراته القديمة ولم يجد له بديلا.
قدس المصريون القدماء نهر النيل فجعلوه مبعث الحياة على أرضهم واعتبروا تلويثه خطيئة كبرى ، وصولاً إلى الوقوف أمام الآلهة لتبرأة النفس وتنزيهها عن خطيئة تلويث النهر، فيقول المصرى القديم «أقسم أني لم ألوث مياه النيل»، وعلى ذات النهج سار الهنود مع نهر الجانج ، فيما اعتبر الإغريق الماء أحد عناصر الوجود والحياة الثلاثة (الماء والهواء والنار).
يعتمد الإنسان على الماء في كافة جوانب الأنشطة المختلفة للحياة العملية من زراعة وصناعة وغيرها ، حيث تغطي المياه حوالى71% من الأرض ، ونحو65% من جسم الإنسان، وقرابة 70% من الخضراوات ، 90% من الفواكه مياه.
تتنوع مصادر المياه بين الأنهار والأمطار والمياه الجوفية التى تختلف في طبيعتها من مكان إلى آخر، وفيما يلى استعراض لهذا المورد الهام.

المياه الجوفية

المياه الجوفية هي كل المياه التي تقع تحت سطح الأرض ، تماشيا مع المسمى المقابل لتلك الواقعة على سطح الأرض والمسماه المياه السطحية ، تتواجد المياه الجوفية في مسام الصخور الرسوبية التى تكونت خلال أزمنة وعصور مختلفة تكون حديثة أو قديمة جدا لملايين السنين.
وتتكون آبار المياه الجوفية نتيجة تسربها من سطح الأرض إلى الطبقات الداخلية، فيما يعرف بعملية التغذية ، والتى تتوقف على نوع التربة الموجودة الملامس للمياه السطحية (أى مصدر التغذية) ، فكلما كانت التربة مفككة وذات فراغات كبيرة ومسامية عالية ساعدت على التسرب الأفضل للمياه ، وبالتالي الحصول على مخزون مياه جوفية جيد بمرور الزمن والعصور .
أى أن المياه الجوفية هي أية مياه حبيسة في باطن الأرض ويختلف مصدرها ونوعها وكمياتها واتجاهات حركتها ومنسوبها، طبقاً للعوامل الآتية :

- الخزانات الجوفية .
- خصائص طبقات الأرض و تأثيرها الكيميائي علي المياه مثل نوعية الصخوروتركيبها.

أيضاً هناك خزانات جوفية عابرة للحدود تشترك فيها أكثر من دولة ، مثل الخزان الجوفي النوبي (الموجود في الصحراء الغربية وهو خزان مشترك بين مصر و السودان وليبيا وتشاد). وتعد الأنهار والأمطار من مصادر المياه الجوفية عبر تسربها في التربة طبقاً لنوعية القشرة الأرضية والعوائق التى تواجهها فى مساراتها . وجد أيضاً أن العناصر المكونة للمياه الجوفية تتغير مع الوقت بسبب اختلاف نسب الحديد أو الأملاح أو تغير درجات الحرارة ، كما تختلف خصائص المياه من مكان لآخر نتيجة مكان التخزين ونوعيته.
يختلف أيضاً عمق المياه الجوفية طبقاً لطبيعة الطبوغرافيا، فقد نستخرج المياه من عمق 15 مترا فى حين يصل فى مواقع أخرى إلى 1000 متر.
تنحصر المياه الجوفية بين منطقتين مختلفتين ، وهما المنطقة المشبعة بالمياه والمنطقة غير المشبعة بالمياه ، وتتم الاستفادة من المياه الجوفية بعدة طرق منها حفر الآبار الجوفية أو من خلال الينابيع أو لتغذية الأنهار.

في كثير من المناطق مثل القري والواحات والأماكن البعيدة عن المدن، قد لا تتوافرفيها خدمات توصيل الشبكة العامة للكهرباء ، كذلك احتمال عدم وجود مصادرللمياه الجارية كالأنهار وغيرها ، وعليه لتلبية احتياجات سكان هذه المناطق من المياه المطلوبة لأنشطة الري و الزراعة او الشرب والإستخدامات الشخصية ، لذا فإنها تعتمد أساسا علي آبار المياه الجوفية والتي غالبا ما تكون علي أعماق قليلة أو كبيرة عن سطح الأرض ، عندئذ ظهرت أهمية و ضرورة الاحتياج لوجود مضخات لرفع المياه تعمل سواء بالديزل أو الطاقة الشمسية.
ومن المعلوم أن المياه الجوفية ليست فقط رصيدا إستراتيجيا خلال فترات الجفاف ، ولكنها رصيد مختزن للأجيال القادمة ، لذا ينبغى الحفاظ عليها من التلوث وتعظيم الاستفادة من كل قطرة مياه .
يوضح الشكل (1) تمثيلا للآبار والمياه الجوفية .



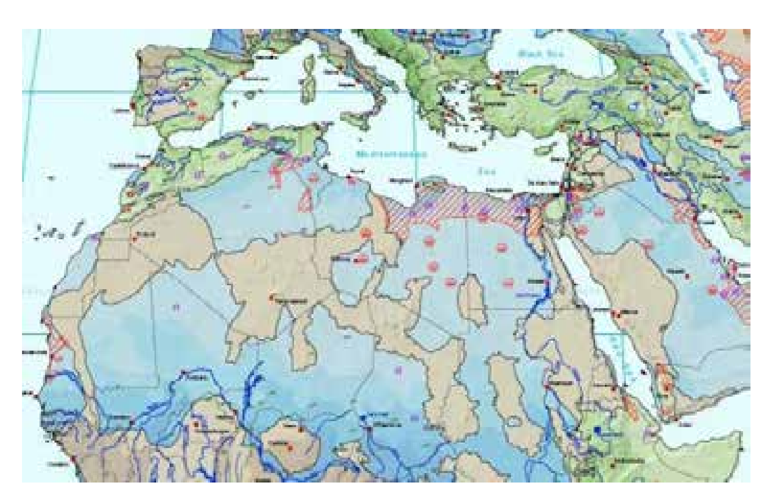
شكل (1) المياه الجوفية

المياه الجوفية في الوطن العربي

تشير الدراسات التى قامت بها العديد من المؤسسات العربية (أكساد 1986، أكساد 1990، جان خوري 1996- 1995) إلى:

- تُشكل الموارد الجوفية 15% تقريباً من الموارد المائية المتاحة فى الوطن العربي علماً بأن الدول العربية تستهلك حالياً جزءاً من مخزوناتها الاستراتيجية وخاصةً المتوافرة في الأحواض المائية الجوفية الكبرى غير المتجددة.
- تتسم الموارد المائية الجوفية في الوطن العربي بتجدد مياهها بشكل دائم عن طريق التغذية المائية الجوفية مثل التسرب المباشر من الأمطار أو غير المباشر من السيول السطحية والأنهار، وفئة لا تتجدد مياهها إلا خلال فترات تُقدر بآلاف السنين وبالتالي لا أهمية لهذا التجدد أثناء الفترة التي يعيشها الإنسان.

تتوافر المياه الجوفية في الوطن العربي في بيئات هيدروجيولوجية مختلفة يُتم تصنيفها على النحو التالي
- أحواض جبلية وبينية تنتشر في جبال الأطلس في المغرب العربي.
- أحواض كبرى تحتوي على سمك ضخم من طبقات رملية- قارية وكلسية أحياناً، تنتشر في الصحراء الكبرى وصحراء الجزيرة العربية.
- أحواض تتوافر في أودية سهول تهامة والباطنة والجزيرة العربية.
- طبقات كلسية كارستية ممتدة في المرتفعات الساحلية في لبنان وسوريا وفلسطين .
- أحواض كلسية ولحقية تنتشر في الجزيرة العليا السورية والعراقية.
يوضح شكل (2) أماكن تواجد المياه الجوفية في الوطن العربي .



شكل (2) أماكن تواجد المياه الجوفية في الوطن العربي

الموارد المائية المتاحة فى مصر

يوضح جدول (1) الموارد المائية المتاحة فى مصر خلال عام 2014 / 2013 ، حيث نجد أن نهر النيل شريان الحياة على أرض مصر ، حيث تشكل حصة مصر الثابتة من مياه النيل ، المصدر الأساسي من إجمالى الموارد المائية المباشرة ، هذا بالإضافة إلى المساهمة غير المباشرة لمياه النيل فى تشكيل موارد أخرى كتدوير مياه الصرف الزراعى ، ومياه الصرف الصحى المعالج ، وأيضا المياه الجوفية غير العميقة فى الوادى و الدلتا ، وبذلك تتجاوز مساهمة نهر النيل (المباشرة وغير المباشرة) نسبة 95% فى تشكيل موارد مصرالمائية. وتقدر كمية المياه الجوفية في مصر بحوالي6.7 مليار متر مكعب ، مما جعلها أحد أهم روافد المصادر المائية العذبة التي تمثل مخزوناً يكفي الأجيال المقبلة

جدول (1) الموارد المائية المتاحة فى مصر خلال عام 2014 / 2013

البيان	كمية المياه (مليارمترمكعب)
حصة مصرمن مياه النيل	55.5
المياه الجوفية بالوادى والدلتا	6.7
تدوير مياه الصرف الزراعى	11.1
تدوير مياه الصرف الصحى	1.3
الأمطار والسيول	1.3
تحلية مياه البحر	0.1
الإجمالى	76.0

المصدر: مصر فى أرقام ، الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء ، مارس 2015 ، صفحة 175

المياه الجوفية فى مصر

تُعَد المياه الجوفية أحد الموارد المائية الهامة وغير التقليدية والتى تتميز بانتشارها جغرافيًا فى مصر وبصفة رئيسية فى أربعة مناطق هى : وادى النيل والدلتا ، الصحراء الغربية ، الصحراء الشرقية ، شبه جزيرة سيناء.
تمثل المياه الجوفية أحد العوامل الرئيسية لتنمية الصحراء ويعتبر تحديد ومعرفة كمياتها ونوعها من الضرورات الهامة ، حيث تضم الصحراء الغربية أضخم خزان مائى في شمال شرق افريقيا وتعني بها خزانات الحجر الرملي النوبي ذو الامتداد الهائل أفقيا ورأسيا ، في حين تكون المياه الجوفية اقل تحت شبه جزيرة سيناء والصحراء الشرقية إذا ما قورنت بكميات المخزون منها تحت الصحراء الغربية التي تحتل الأهمية الكبري في توجهات التنمية بالصحراء المصرية.
جدول (2) يوضح مناطق المياه الجوفية فى مصر .
كما يوضح جدول (3) تصنيف خزانات المياه الجوفية فى مصر من حيث الأنواع المتجددة وغير المتجددة .
بينما يبين جدول (4) توضيح لبعض بيانات وخصائص خزانات المياه الجوفية فى مصر.
تحتوى مياه الخزان الجوفي لرمال النوبيا على نسب من غازات ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والأكسجين مما يتطلب استخدام مهمات الآبار من مواد مقاومة للتآكل لإطالة العمر الإفتراضي لها . كذلك تحتوى على نسبة من الحديد الذائب تتراوح ما بين 5 : 1 جزء في المليون و تصل إلى 20 : 10 جزءاً في المليون بمنطقة أبو منقار - الفرافرة ، تستدعى معالجتها في حالة استخدامها لأغراض الشرب . (مرجع [1]) .

جدول (2) مناطق المياه الجوفية فى مصر

المناطق	التوضيح
وادي النيل والدلتا	المنطقة الواقعة ما بين مدخل نهر النيل إلى مصر والبحر المتوسط (بما في ذلك منخفض الفيوم وبحيرة ناصر) .
الصحراء الغربية	المنطقة المحصورة بين نهر النيل شرقاً والحدود الليبية غرباً والحدود المصرية السودانية جنوباً والبحر المتوسط شمالاً .
الصحراء الشرقية	المنطقة المحصورة بين وادى النيل بالوجه القبلى والبحر الأحمر .
شبه جزيرة سيناء	معظم الأجزاء في سيناء وخاصة الجنوبية (حيث يوجد بها خزانات علي أعماق كبيرة جدا تصل إلي أكثر من 1000 متر) .
باقي مناطق الجمهورية	وتعتمد باقي مناطق الجمهورية أساساً على مصادر المياه الجوفية غير المتجددة بالإضافة إلى الأمطار المتساقطة على المناطق الساحلية .

جدول (3) أنواع خزانات المياه الجوفية فى مصر

نوع الخزان	التوضيح
خزانات جوفية متجددة	يتوزع هذا النوع بين : وادى النيل، واقليم الدلتا. وهذه المياه جزءآ من موارد مياه النيل . تتميز بنوعية جيدة من المياه حيث تصل ملوحتها إلى حوالى 800 : 300 جزء في المليون بمناطق جنوب الدلتا. لا يسمح باستنزاف مياه تلك الخزانات إلا عند حدوث جفاف لفترة زمنية طويلة ، لذا تعتبر من المياه ذات القيمة الاستراتيجية الهامــة.
خزانات جوفية غير متجددة	يتواجد هذا النوع : تحت الصحراء الشرقية والغربية وشبه جزيرة سيناء . وأهمها خزان الحجر الرملى النوبى في الصحراء الغربية والذى ‘يقدرُ مخزونه بنحو 40 ألف مليار م 3، ويعتبر هذا الخزان من أهم مصادر المياه الجوفية العذبة غير المتاحة في مصر للاستخدام لتواجدها على أعماق كبيرة ، مما يسبب ارتفاعاً في تكاليف الرفع والضخ.

جدول (4) بعض بيانات وخصائص خزانات المياه الجوفية فى مصر

نوع الخزان	التوضيح
خزان الحجر الرملي النوبي	يمتد الخزان فى مساحه قدرها نحو 2.4 مليون كيلومتر ، شمال الصحراء الغربية في مصر وحتى الجزء الشرقى من ليبيا والجزء الشمالى الشرقى من تشاد والجزء الشمالى الغربى من السودان. ويغطي حوض الحجر الرملي النوبي مساحة 670 الف كيلومتر في الصحراء الغربية ، و130 ألف كيلومتر في الصحراء الشرقية و50 الف كيلومتر في سيناء ، ويتم استغلال المياه الجوفية بواسطة حفر الآبار على أعماق مختلفة . وهو أهم خزان مياه في مصر حيث يستمد مياهه من السيول والأمطار التي تسقط علي وسط السودان وتشاد ويتشربها الخزان لمساميته العالية ، كما تنساب هذه المياه في اتجاه الشمال ناحية كل من ليبيا ومصر حيث تدخلها من تحت سطح الأرض في منطقة جبل العوينات وصفصافة ، بينما تدخل ليبيا في اتجاه واحة الكُفرة ومنها تدخل مصر من ناحية بحر الرمال الأعظم. وهو يمثل كنزًا لمصر، لانه من أكبر الخزانات الجوفية فى العالم ، ليس فقط فى امتداده الأفقى بل أيضا الرأسى ، حيث يتراوح السمك المشبع للخزان بين حوالى 200 متر بمنطقة شرق العوينات فى أقصى الجنوب ، ويزيد تدريجيا فى اتجاه الشمال ليصل إلى أكثر من 3000 متر بواحة الفرافرة ، بالإضافة إلى أن المياه الجوفية المتاحة فى هذا الخزان ذات نوعية جيدة ، ونسبة الأملاح فيه أقل وتتراوح ما بين 200 إلى 1000 جزء فى المليون.
الخزان الجوفي بمكون رمال النوبيا بالصحراء الغربية	من أهم خزانات المياه الجوفية وأكبرها بمنطقة شمال شرق أفريقيا حيث يشغل كامل مساحة الصحراء الغربية ويمتد خارج حدودها جنوباً حتى مرتفعات كردفان بجمهورية السودان وغرباً حتى مرتفعات تيبستي/ سرت التركيبي بالجماهيرية الليبية ومرتفعات تشاد في الجنوب الغربي وسلسلة جبال البحر الأحمر شرقاً ليغطي مساحة 2 مليون كم2.
خزان المهرة	يمتد الخزان من غرب النيل ، وبالرغم من كبر سمك الخزان الذى يتراوح بين 200 إلى 500 متر فى بعض المناطق ، إلا أن نسبة الأملاح فى مياهه عالية نسبياً وتتراوح ما بين 2000 إلى 10000 جزء فى المليون ، ويمكن الاعتماد على هذا الخزان فى التنمية من خلال أنشطة الاستزراع السمكى أو زراعة المحاصيل والأشجار التى تتحمل الملوحة العالية.
الخزان الممتد على الشريط الساحلى للبحر المتوسط،	بداية هذا الخزان من مدينة القنطرة وحتى مدينة رفح شرقًا ، وهو خزان محدود فى الامتداد الأفقى ، ويتم تغذيته من خلال الأمطار التى تسقط على الشريط الساحلى لتلك المناطق، وخاصة العريش ورفح.

نوع الخزان	التوضيح
الخزان الجوفي بصخور الإيوسين	يتواجد الخزان بهضبتي العجمة والتيه بوسط سيناء ويمتد شمالاً حتى المنطقة المحصورة ما بين جبل ريسان عنيزة وجبل المغارة، بسمك يتراوح ما بين 200-360 متراً، ولم تُختبر أي من الآبار التي اخترقت خزان صخور الإيوسين بمناطق غرب سيناء سوى بئر الاستكشاف البترولي بشمال شرق رأس سدر، حيث وجدت ملوحة المياه الجوفية بخزان الإيوسين حوالي 2000 جزء في المليون، والتي تزداد لتصل إلى 310000 جزء في المليون ببئر لاقية جنوب منطقة رأس سدر، ويرجع التباين في ملوحة المياه في الخزان الجوفي إلى اختلاف في أعماق الخزان بسبب تعرضه للفوالق، وإلى الإختلاف في مدى تسرب مياه الأمطار إليه.
خزان الحجر الجيرى المتشقق	هو خزان غير متجانس فى خصائصه فقد تتواجد المياه فيه بمنطقة معينة وينعدم وجودها بمنطقة أخرى تقع على مسافة صغيرة، والسبب فى ذلك يرجع إلى تواجد المياه داخل التشققات، وهذه التشققات بطبيعة الحال هى غير متجانسة، لذلك لا يتم الاعتماد عليه إلا فى المناطق التى تزيد فيها كثافة هذه التشققات، مثل مناطق واحة سيوة وغرب المنيا، وبعض المناطق بمحافظة أسيوط، فيما عدا ذلك فمازال هذا الخزان تحت الدراسة والاستكشاف.

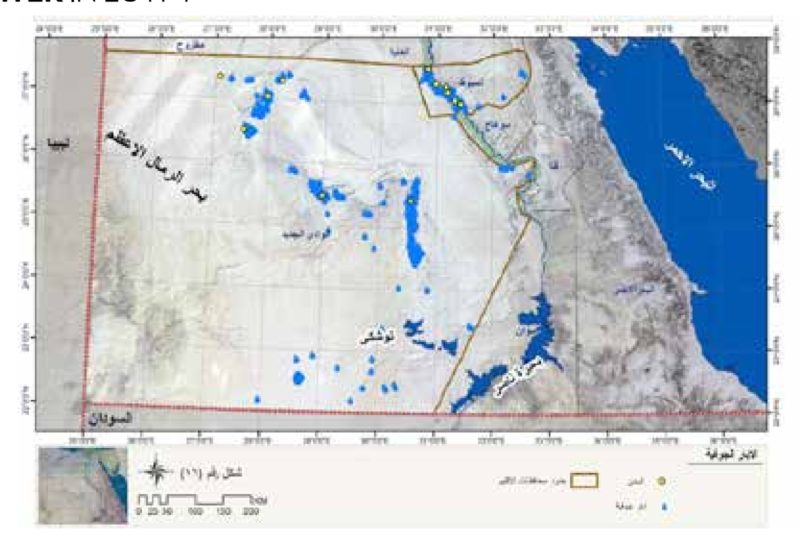
النواحى الهيدروجيوكيميائية للخزان الجوفى بالوادى الجديد

تتميز المياه الجوفية فى واحات الوادى الجديد بأنها عذبة إذ لا تتجاوز ملوحتها 1000مجم/لتر وغالباً ما تقل عن 500مجم/ لتر وفى بعض القطاعات لا تتجاوز ملوحة المياه الجوفية 120– 150 مجم/لتر. يوضح جدول (5) توزيع الآبار الجوفية وحجم الإستهلاك السنوى بالمليون متر مكعب بالوادى الجديد والذى يتضح منه أن أكبر كمية من المياه يمكن ان تستخرج من شرق العوينات بنسبة 40.63% تليها الداخلة بنسبة 33.49% ثم تأتى الفرافرة فى المرتبة الثالثة بنسبة 14.12% والخارجة وباريس فى المرتبة الرابعة بنسبة 11.76%

يوضح شكل (3) الآبار الجوفية بالوادى الجديد (الهيئة العامة للتخطيط العمرانى)

جدول (5) توزيع الآبار الجوفية وحجم الإستهلاك السنوى بالمليون متر مكعب بالوادى الجديد (المصدر : الإدارة العامة للرى 2006)

البيان	الآبار الحكومية	الاستهلاك السنوى	عيون الاهالى	الاستهلاك السنوى	الآبار الإستثمارية	الاستهلاك السنوى	جملة الاستهلاك	النسبة المئوية
الخارجة	138	84	41	3.6	1	0.2	87.8	6.94
باريس	96	61	---	---	---	---	61	4.82
الداخلة	248	307	2021	92.9	74	23.8	423.7	33.49
الفرافرة	121	169	11	3.5	9	6	178.5	14.12
شرق العوينات	---	---	---	---	443	514	514	40.63
إجمالى	603	621	2073	100	526	544	1265	100



شكل (3) الآبار الجوفية بالوادى الجديد (الهيئة العامة للتخطيط العمرانى)

تلوث المياه الجوفية (Groundwater Pollution)

عرَّفت هيئة الصحة العالمية (WHO) تلوث المياه: (Polluted water)

" إنه أى تغيير يطرأ على العناصر الداخلة فى تركيبه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بسبب نشاط الانسان " ،الأمر الذى يجعل هذه المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها أو بعضها .

كذلك يمكن القول أن تعريف تلوث المياه بأنه " التغيرات التى تحدث فى خصائص المياه الطبيعية والبيولوجية والكيميائية مما يجعلها غير صالحة للشرب أو الاستعمالات والأنشطة المختلفة (المنزلية والصناعية والزراعية) "

عموما تتعرض المياه الجوفية في أغلب مناطق تواجدها إلى الكثير من الطرق وأنواع التلوث ، والتي أساساً تكون مرتبطة بنوعية استخدامات الأراضي وأساليب صرف المخلفات .

تصنف مصادر تلوث المياه الجوفيه كالاتى :

- تسرب في شبكات الصرف الصحي داخل المدن.
- رمي مياه الصرف الصحي على الأرض.
- ردم المخلفات داخل الأرض .
- محطات البنزين .
- خزانات البترول .
- التخزين الصناعي: تخزين كيماويات.
- المسمدات الكيماوية الزراعية .
- مصادر التغذية للمياه .
- التلوث من المصانع.

الأمطار الحمضية .تعتبر المياه الجوفية أقل تلوثا من المياه السطحية فخلال مرور المياه من طبقات التربة تترشح وتتخلص من المواد العضوية العالقة والبكتريا وعندئذ تصبح صالحة للشرب والرى مالم ترتفع نسبة الأملاح بها أو تعرضت لمصدر تلوث من تلك المدونة في الجدول التالى.

جدول(6)أنواع الملوثات التى تتعرض لها المياه الجوفية

أنواع الملوثات	أمثلة
الملوثات العضوية (Organic Materials)	الكربون والمركبات الكربونية ، البنزين ، DDT ، البترول ، المطهرات
الملوثات غير العضوية (Inorganic Materials)	السيانيد ، النترات ، الزرنيخ والتى تؤثر على البيئة . البكتريا التي تنشئ بسبب مياه الصرف الصحي في باطن الأرض (والتى تكون غير معالجة جيداً)
الملوثات الثقيلة (Heavy Metals)	كادميوم ، أرسينيك والتى تتخلل التربة وتترسب في المياه الجوفية حتى تصل إلى القاع وفى النهاية تلوثها .

(ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان أو كما يعرف باختصاره الشهير دي دي تي DDT مبيد حشري استعمل على نطاق واسع لمكافحة الآفات الحشرية ، ويعد من أفضل المبيدات الحشرية من حيث الفعالية، إلا أن الآثار السلبية للمركب وبعض نواتج تحلله في التربة على البيئة بشكل عام وتأثيره المخرب على البيئة الحيوانية بشكل أدى إلى تضاؤل استعماله بشكل كبير).

من أهم العوامل التى تؤثر على مدى تلوث المياه الجوفية

- وجود طبقة طينية سطحية تعلو الخزان الجوفي يقلل من معدلات التلوث، من أمثلة ذلك مناطق السهل الفيضي بحوض النيل ووسط وشمال الصحراء الغربية والشرقية.
- تزيد قابلية المياه الجوفية للتلوث في حالة الخزانات الحرة المميزة والموجودة بالقرب من مستوى المياه بسطح الأرض من أمثلة ذلك مناطق الحواف الصحراوية بعكس ما يحدث في حالة وجودها على عمق كبير حيث يعمل الجزء غير المشبع بالمياه على تخفيض تركيز ومقدرة الملوثات.
- وجودها بمكونات رملية حصوية منتظمة الحبيبات (ذات خاصية نفاذية عالية) أو بالصخور المتشققة.

أمثلة لبعض الآبار الجوفية فى مصر

يوضح جدول (7) أمثلة لعدد وأماكن الآبار الجوفية المحفورة فى مصر وتوجد خطة لتحويل عدد 180بئر بمدينة الداخلة لتحويلها من العمل بالسولار إلى العمل بالطاقة الشمسية.

يوضح جدول (8) عدد الآبار الجوفية فى مشروع المليون ونصف مليون فدان (مصر) – وستتم المرحلة الأولى فى محافظات : الوادى الجديد – مطروح – الاسماعيلية – أسوان – قنا .

جدول (7) أمثلة لعدد وأماكن الآبار الجوفية المحفورة فى مصر

المكان	عدد الآبار التى تم حفرها	آبار تعمل بالطاقة الشمسية
الفرافرة	40 (عمق 800 متر)	
المغرة	150 (عمق 200 متر)	
الفرافرة القديمة	50 (عمق 1000 متر)	
الفرافرة الجديدة (عين الدالة)	50 (عمق 1000 متر)	
توشكى	53 (عمق 250 متر)	1
الوادى الجديد – مركز الخارجة	9	
الوادى الجديد – مركز الداخلة	10	25

جدول (8) عدد الآبار الجوفية فى مشروع المليون ونصف مليون فدان (مصر)

المرحلة	عدد الآبار الجوفية
الأولى	1315
الثانية	1950
الثالثة	1894
الإجمالى	5114

الكشف عن المياه الجوفية(Detection of groundwater)

دلت الاكتشافات الأثرية على معرفة الإنسان القديم بسبل حفر الآبار، وظهر ذلك فى الكثير من الحضارات مثل الحضارة الفرعونية التي تميزت بالحفر اللولبي (Solenoid drilling)، وبلاد فارس التي اشتهرت بحفر الآبار وقنوات الري، حيث أشار ذلك إلى معرفتهم بالطريقة التقليدية للكشف عن المياه الجوفية، والأنباط في الأردن . ويعتقد الكثيرين إمكانية الحصول على المياه الجوفية بسهولة من أي مكان، إلا أن العلم يحدد طبيعة ونوع آلية الاستخراج طبقاً لجيولوجية المنطقة وعمق الماء فيها من ثم، يتطلب قبل الشروع فى حفر الآبار تحديد مخزون المياه ومعدلات الاستعادة (تعويض الكميات المستخرجه)، عبر دراسات علمية دقيقة.

طرق الكشف عن المياه الجوفية بالظواهر والمشاهدة

اعتمد الإنسان منذ القدم على عدة طرق في الكشف عن المياه الجوفية من خلال الملاحظات، والتكنولوجيا التقليدية البسيطة التي كانت تفي بالغرض عند البحث عن المياه الجوفية، ففى المواقع الضحلة او المتوسطة العمق يسترشد بآثار المياه وأنواع النباتات ودرجة كثافتها ، هذا إلى جانب طرق البحث الجيوفيزيائي لاختيار أماكن حفر آبار المياه.كذلك يمكن مراعاة :

- التواصل مع الأشخاص الذين عاشوا فى المنطقة لفترة طويلة لمعرفة نوعية وكمية مياه الآبار الجوفية فى منطقتهم فإن لديهم خبرة جيدة .
- بُعد أقرب نهرعن الموقع .
- الاسترشاد بالمحميات ، إن وجدت، وتتبع مسارات الحيوانات إلى الينابيع والبحيرات .

يوضح جدول (9) بعض من هذه الشواهد (والتى تعرف بالطرق الجيولوجية والطبوغرافية) ، حيث يوضح تشعب المياه من بحيرة ناصر ، أحد مصادر تغذية الخزانات الجوفية، ومن الوسائل التقليدية لتحديد مواقع الآبار الجوفية استخدام قضبان الزيتون أو قضبان النحاس أو الحديد أو الألومنيوم أو الرُمّان .
ومن الطرق الشائعة استخدام سلكين لا يقل قطريهما عن 2 مم وبطول 50 سنتمتر لكل منهما ، أحدهما نحاس والآخر ألمنيوم (مثل الأسلاك المستخدمة في نقل الطاقة الكهربائية) حيث يتم طي السلكين كل على حدة بحيث يُكوِّن شكل حرف (L) وتكون منطقة الطي للسلكين عند طول حوالى 15 سنتميتر بعدها يتم مسك السلكين كل واحد في يد من الجهة القصيرة للسلك ، بينما نهاية السلك تترك حرة الحركة بصورة أفقية وأثناء السير في الصحراء أو المنطقة التي فيها مياه ، يلاحظ تقارب السلكين وكلما كانت المياه الجوفية أكثر كمية وأسرع حركة كلما تقارب السلكان وتكشف هذه الطريقة المياه على بعد لا يزيد عن 100 متر فقط، وعلى الرغم من أن الطريقة ناجحة إلا أنه لا يوجد لها تفسير علمي وللعلم إن أغلب الأجهزة الحديثة الإلكترونية والميكانيكية تعمل على مبدأ هذه الطريقة.

جدول (9) بعض الشواهد التقليدية للكشف عن المياه الجوفية

الطريقة	التوضيـــــــــــــح
النباتات	تعتبر النباتات دليلا جيدًا على وجود المياه الجوفية بالقرب منها ، حيث تشير النباتات الجافة على وجود كمية قليلة من المياه ، بينما تشير النباتات على وجود المياه الجوفية بالقرب من سطح الأرض .
ضباب الارض (The mist of the earth)	يعتبر الضباب ظاهرة طبيعية لتكاثف بخار المياه، وتعتمد كثافته على كمية المياه المتبخرة ، وفى حالة وجود ضباب بالقرب من سطح الأرض فإن هذا يشير إلى وجود مياه جوفية تحت القشرة الأرضية ، لذلك يتم زرع أشجار بالقرب من الضباب حتى تميل فروعها في اتجاه المياه الجوفية وهي طريقة تقليدية عرفها الإنسان بالمشاهدة ، وكذلك كان يضع الإنسان الصحون في الليل في المنطقة التي يظهر فيها الضباب ، وعند تكاثف كمية كبيرة من بخار المياه في الصحن فهذا يدل على وجود كمية كبيرة من المياه الجوفية.
الأراضي الرطبة والراشحة (Wetlands)	عندما تكون المياه الجوفية بالقرب من سطح الأرض تخرج كمية من المياه إلى السطح من خلال الخاصية الشعرية ، والتى عندها تصبح الأرض رطبة مشيرة إلى وجود المياه بالقرب منها .
طبوغرافية سطح الأرض (Topography of the Earth)	يسترشد بها لتعيين أنسب الأماكن لحفر الآبار ، حيث أن مستوى المياه الجوفية تكون أقرب إلى سطح الأرض تحت الوديان عنه تحت المناطق المرتفعة.
المناطق الشاطئية والكثبان الرطبة (Coastal areas and wet dunes)	المساحة المغطاة فى المناطق ذات التساقط الكافي من الأمطار تتجمع طبقة من المياه العذبة تطفو فوق المياه المالحة تحت سطح الأرض بالقرب من الشواطئ أو الكثبان الرملية.
وديان الأنهار (River Valley)	تعطى الوديان الواسعه المفتوحة وذات الانحدار البسيط فرص أفضل لحفر الآبار مما تعطيه الوديان الضيقة ذات الانحدار الشديد.



شكل (4) صورة توضح تشعب المياه من بحيرة ناصروالتي
تُعد كمصدر تغذية للحزانات الجوفية
(https://ar.wikipedia.org/wiki/)

طرق الكشف الحديثة عن المياه الجوفية

مع التقدم المتسارع للعلم والتكنولوجيا اتجه الإنسان إلى ابتكار طرق حديثة بدلا من تلك التقليدية في الكشف عن المياه الجوفية ، ومن أبرز الطرق الحديثة ، والموضحة فى جدول (10) للكشف عن المياه الجوفية الآتى :

- طريقة الكشف الزلزالية.
- طريقة الكشف الكهربائية.

يوضح جدول (11) بعض الأجهزة الحديثة المستخدمة فى الكشف عن المياه الجوفية .

جدول (10) بعض الطرق الحديثة للكشف عن المياه الجوفية

الطريقة	التوضيـــــــــح
طريقة الكشف الزلزالية (الطريقة السيزمية) (Seismic method)	تعتمد على إرسال اهتزازات أو ترددات باتجاه سطح الأرض ، وعند ارتدادها وتسجيلها على جهاز مسجل الاهتزازات، يتم التعرف على طبيعة الصخور وكمية المياه التي تحتويها ، فكلما ازدادت سرعة انتشار الموجات أشار ذلك إلى وجود كمية كبيرة من المياه في الصخور.
طريقة الكشف الكهربائية Electrical) (resistivity method	تعتمد على مقاومة الصخور للتيار الكهربائي ، فكلما كانت المقاومة الكهربائية منخفضة كلما كانت كمية المياه الموجودة في الصخور كبيرة. وتعتمد هذه المقاومة فى كثير من الحالات على كمية الأملاح الذائبة فى السوائل المتخللة فى الصخور، إذ هي تتناسب عكسيا مع كمية هذه الأملاح.

جدول (11) بعض الأجهزة الحديثة المستخدمة فى الكشف عن المياه الجوفية

	الخصائص	الجهاز
قياس مقاومة التربة وارسال موجات وصدمات كهربائية الى باطن الأرض ، وقياس جميع ترددات التربة ومقاومتها وتحليلها لتظهر قراءات بيانية على الشاشة الرئيسية . مزود ببطارية تعمل لمدة 12 ساعة متواصلة .	- تحديد أماكن تواجد المياه . - تحديد أفضل نقاط المياه . - معرفة عمق المياه حتى 700 متر ضمن مساحة تصل الى 1000 متر مربع - التمييز بين المياه العذبة والمالحة والمعدنية .	
قياس مقاومة التربة ونظام الاستشعار عن بعد معا . مزود ببطارية تعمل لمدة 10 ساعات متواصلة مع بطارية اضافية .	-الكشف عن المياه بعمق يصل 500 متر تحت الأرض. - اكتشاف تجمعات المياه الكبيرة فقط مع تحديد عمق المياه . - الكشف عن جميع أنواع المياه المعدنية والجوفية والعذبة والمالحة تحت سطح يصل إلى 1000 متر بشكل دائري ، وعمق يصل إلى 500 متر تحت سطح الأرض .	
قياس المقاومة الكهربائية للتربة من خلال أربعة قضبان ، حيث يتم غرس الجهاز في التربة على شكل مربع أو مستطيل. مزود ببطارية 12 فولت مع شاحن .	- الكشف عن المياه بعمق 320 متر . - عرض النتائج على هيئة مدرج بياني عمودي ، بترتيب المعادن حسب قيمة المقاومة الكهربائية (OHM) . - التعرف على الهدف اتوماتيكيا .	

يعمل بالنظام الجيوفيزيائي ، وهي تكنولوجيا ذكية لمحلل تناظري تقوم بإرسال موجة كهربائية خلال قضبان أربعة تغرس في الأرض ، مزود ببطارية قوية ترسل موجة بجهد 110 فولت لتصل لأكبر عمق ممكن .	- الكشف عن المياه الجوفية والمعادن الثمينة في باطن الأرض .	
يعمل بنظام جيولوجي متكامل ، يعتمد على مبدأ المقاومة وتظهر جميع النتائج من نوع المياه وعمقها وكثافتها على شاشة الجهاز .	- تحديد نوعية المياه العذبة والمالحة والمعدنية بدقة متناهية. - العمل بجميع التضاريس الأرضية .	
يعمل بتقنية إلكترونية متكاملة للكشف عن مياه في باطن الأرض والثروات الثمينة ، ويعمل بنظام الكهربائي الصاعق وترسل النتائج مباشرة على شاشة الجهاز , مزود بأربعة مجسات أرضية. ومزود بشاحن كهربائي وبطارية قابلة للشحن .	- يحدد عمق المياه المكتشفة والذي يمكنه الوصول إلى 300 متر تحت الأرض بمساحة 500 متر مربع .	

الباب الثاني

حفر آبار المياه الجوفية

(DRILLING OF GROUNDWATER WELLS)

مقدمة

نظرا للتعامل مع أنواع من الصخور ذات درجات صلابة متفاوتة فقد تم تطوير العديد من طرق حفر آبار المياه الجوفية لتتوافق مع نوع الطبقات التي يتم حفرها وصلابتها وعمق البئر ، لذا نجد أن الطرق المستخدمة في حفر التربة الصخرية الصلبة تختلف عن الحفر في التربة الصخرية الهشة المفككة .وعليه فأن طريقة اختيار حفر الآبار ترتبط ارتباطا وثيقا بمنطقة إنشاء البئر وطبيعة صخورها. فى هذا الباب سيتم عرض طرق حفر آبار المياه الجوفية والمعدات المستخدمة للحفر.

أماكن حفر الآبار

تختلف آليات حفر آبار المياه الجوفية طبقاً لعمق البئر، ضحل أو متوسط، أو ارتوازى ،ويوضح الجدول (1) ذلك

جدول (1) اختيار أماكن الآبار

النوع	التوضيح
الآبار الضحلة أو المتوسطة العمق	يتم الاهتداء بشكل الأرض وطبيعة الصخور الواقعة تحت سطح الأرض مباشرة وطبيعة النباتات وغزارتها . تتسم مواقع هذه الآبار بوجود بقع رطبة مصدرها انتقال المياه الجوفية بفعل الخاصية الشعرية. ويمكن استخدام طرق البحث الجيوفيزيائية لإختيار أماكن حفر آبار المياه.
الآبار الارتوازية العميقة	يتطلب التنقيب عنها معلومات دقيقة عن طبيعة الصخور تحت سطح الأرض وتراكيبها وغيرها من خصائص جيولوجية. عادة تتواجد هذه الآبار فى المناطق الصحراوية، مع محدودية انتشارها

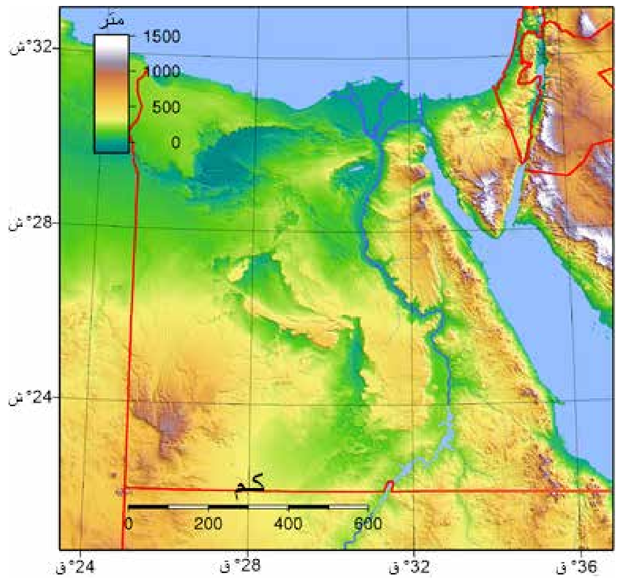
يتحقق التصميم المثالي لآبار المياه الجوفية من خلال تحقيق التوازن بين العنصرين التاليين:

- استدامة الانتاج، بمعنى الكفاءة الإنتاجية العالية لأطول فترة زمنية ممكنة .
- التكلفة الاقتصادية .

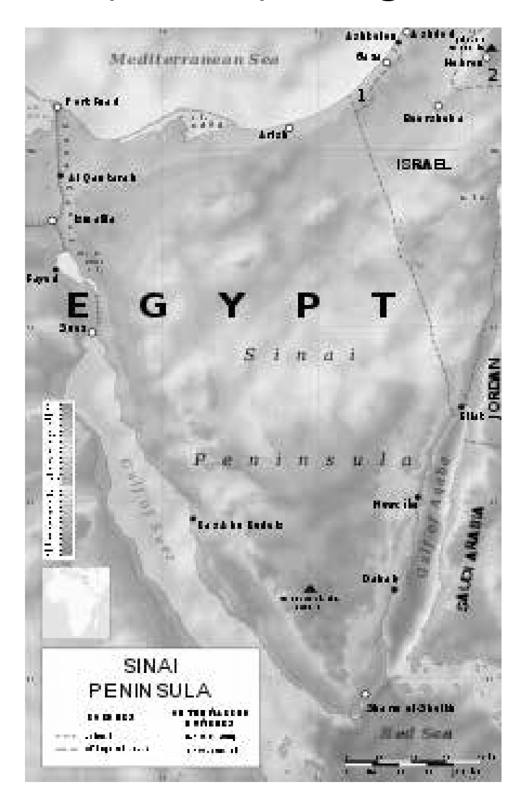
ولتحقيق ذلك يلزم من الناحية العملية التحديد الصحيح لمواصفات البئر (من حيث العمق والقطر، والدقة في اختيار المواد المستخدمة في إنشاءات البئر)، وهو ما يتطلب إجراء دراسة وافية لموقع حفر البئر من النواحي الطبوغرافية والجيولوجية والهيدروجيولوجية.

طبوغرافية الموقع (Topographic site)

لاجراء الدراسة الجيولوجية والهيدروجيولوجية للموقع يلزم معرفة الإحداثيات والارتفاع عن مستوي سطح البحر والتي يمكن تحديدها مساحياً بشكل دقيق عن طريق الخرائط الطبوغرافية أو الوسائل التكنولوجية الحديثة مثل نظام تحديد الموقع العالمى (GPS) (Global Positioning System)
يوضح شكل (1) خريطة طبوغرافية لمصر(https://ar.wikipedia.org/wik)
ويوضح شكل (2) خريطة مجسمة لطبوغرافيا شبه جزيرة سيناء.



شكل (1) خريطة طبوغرافية لمصر
(https://ar.wikipedia.org/wik)



شكل (2) خريطة مجسمة لطبوغرافيا شبه جزيرة سيناء

جيولوجية الموقع (Geological site)

تبدأ المرحلة الأولى من خطة البحث عن المياه الجوفية مكتبيا بدراسة كل من صور الاقمار الصناعية والخرائط الجيولوجية والهيدروجيولوجية والطبوغرافية المتاحة بالاضافة إلى التقارير والدراسات السابق تنفيذها في منطقة البحث مع ضرورة الاستطلاع الحقلي الجيولوجي الذي يتم على هيئة تقييم ظروف المياه والتي تتضمن التالي :

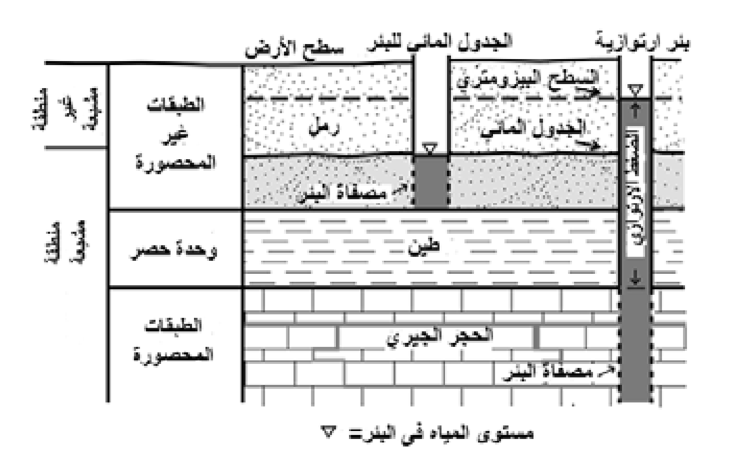
- دراسة تتابع الطبقات (Stratigraphy) لمعرفة التكوينات الجيولوجية التي سيمرفيها مسار الحفر.
- دراسة الخرائط التركيبية (Structure Maps) المتاحة للطبقات المختلفة لمعرفة عمق وسمك كل طبقة.
- دراسة الخصائص الصخرية (Lithology) للتتابع الطبقي بصفة عامة والطبقة الحاملة للمياه علي وجه التحديد.

هيدروجيولوجية الموقع (hydrography Site)

يجب توافر الدراسات عن الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقات للتعرف علي ما يلي :

- الطبقات الحاملة للمياه (Aquifers) والطبقات العازلة (Aquicludes).
- الخصائص البيزومترية (piezometric or potentiometric) للطبقات الحاملة للمياه وكذلك المعاملات الهيدروليكية لهذه الطبقات.
- نوعية المياه في الطبقات الحاملة وخصائصها ومكوناتها الكيميائية.

أيضاً، تُعتبر معرفة الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية للموقع ضرورية جداً لتصميم البئر فإذا لم تتوافر معلومات عن هذه الخصائص في موقع البئر أو المنطقة المحيطة به ، فيُفضل حفر بئر اختباري للحصول علي هذه المعلومات. يوضح شكل (3) أنواع الطبقات الحاملة للمياه .



شكل (3) أنواع الطبقات الحاملة للمياه

بعض التعريفات المذكورة فى شكل (3)

- السطح البيزومترى (potentiometric or piezometric) في المياه الجوفية وهو سطح خيالي يحدد المستوى الذي سترتفع فيه المياه في طبقة المياه الجوفية المحصورة إذا كانت مثقوبة بالكامل بالآبار.
- الجدول المائي (water table) هو السطح العلوي لمنطقة التشبع و الذي يكون فيه ضغط المياه مساوياً للضغط الجوي (حيث مقياس الضغط = 0) . (ويمكن تصور أنه «سطح» المواد تحت السطحية المشبعة بالمياه الجوفية في منطقة مجاورة) .

جيوفيزيائية الموقع (Geophysical site)

تستعمل الطرق الجيوفيزيائية للحصول على معلومات أكثر دقة عن الظروف تحت السطحية مثل نوع الرواسب وعمقها وكونها متماسكة أو غير متماسكة والتشققات وعمق الصخور الصلبة إضافة إلى عمق المياه الجوفية.

من طرق البحث عن وجود مياه جوفية

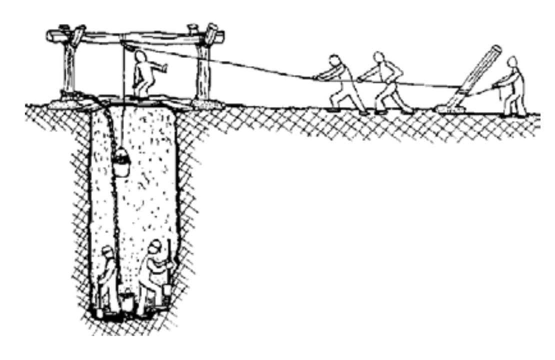
- طرق جيوفيزيقية وهي توفر الجهد والمال ونستخدم فيها بعض الأجهزة علي سطح الأرض لترشد عن مكان المياه وعمقها وهذه الطريقة غير مفيدة في المناطق التي يوجد بها المياه الجوفية علي أعماق بعيدة .
- الطرق العملية وهي حفر الآبار الاستكشافية والغرض منها سحب عينة من التربة كل واحد متر وتحليلها لتحديد خصائص الخزان ومنسوب المياه ويستمر الحفر لنهاية الخزان حتى يتقابل مع الطبقة الصخرية الصلبة، وبهذه الطريقة يحدد سمك الخزان ونوعية الصخور ونوعية المياه، وكذلك يتم معرفة حركة المياه داخل الخزان ومسارها. وبناء علي هذه المعلومات والبيانات يتم تقدير عدد الآبار التي يمكن حفرها وكمية المياه التي يتم استخراجها ، وبعد حفر هذا البئر الاستكشافي يتحول إلي إنتاجي ويتم استخراج المياه منه إذا كانت مواصفات الخزان جيدة .

وعليه نجد أن استخراج المياه الجوفية مكلف بالإضافة إلي أن معظم هذه المياه غير متجدد وهذا يجعل المياه غالية الثمن وبالتالي يجب أن يكون استخدامنا منها رشيدا وليس فقط في الزراعة وإنما أيضا في اختيار نوعية المحاصيل وطريقة الري بعيدا عن الغمر.

أنواع الآبار(groundwater wells)

يعرف البئر بأنه ثقب أنبوبي الشكل يخترق الطبقات الحاملة للمياه و يتم داخله تجميع المياه ومن ثم رفعها إلى السطح للاستخدام والاستفادة منها. سابقا كانت عملية رفع المياه إلى السطح تتم بواسطة طرق تقليدية قديمة مثل استخدام الدلو كما فى شكل (4) . أما حاليا فقد ساعدت التكنولوجيا الحديثة فى استخدام وسائل رفع مثل مضخات المياه التي ترفع كميات كبيرة من المياه من داخل البئر إلى السطح في فترة زمنية قصيرة ومن طبقات عميقة مختلفة ومتعددة بطريقة سهلة وميسرة وهذا ما تسبب في زيادة استهلاك المياه الجوفية.

شكل (4) طريقة تقليدية قديمة لرفع المياه باستخدام الدلو



(http://www.nzdl.org/gsdlmod)

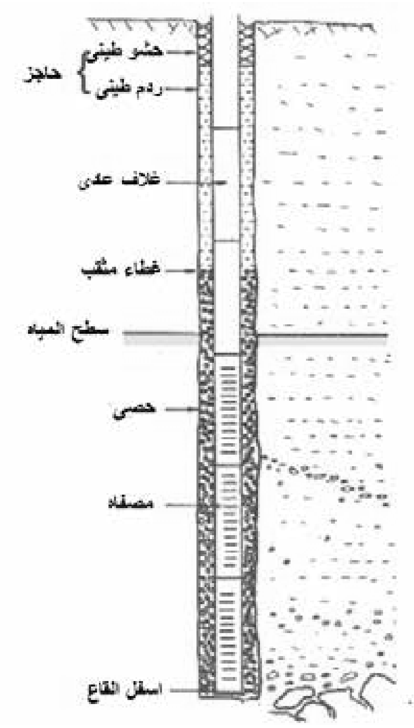
من أجل الوصول إلى المياه الجوفية ، يجب إنشاء الحفرة وتركيب غطاء دائم لها .

ويجب أن يشمل الحفر على :

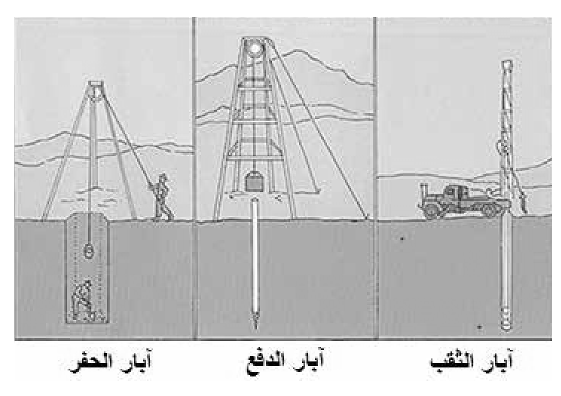
- كسر أو قطع مكونات التربة .
- إزالة المواد المقطوعة من الحفرة .
- تدعيم جدران الحفرة، لمنع الإنهيار أثناء الحفر .

يوضح شكل (5) ملامح البئر المحفور .

ويوضح شكل (6) بعض أنواع الآبار .



شكل (5) **ملامح البئر المحفور**(2008)(WATERAID)



شكل (6) **أنواع الآبار**

التعريفات المستخدمة فى الآبار الجوفية

الطبقة الحاملة للمياه الجوفية

وهى الطبقة التى تتواجد المياه الجوفية فى مسامها الموجودة بين حبيبات التربة و يحيطها من أسفل طبقة كتيمة من تربة غير منفذة للمياه و قد تتواجد المياه فى عدة طبقات يعلو بعضها الأخر.

مستوى سطح مياه الخزان الجوفية

والذى يكون على عمق يقدر بمسافة ابتعاده عن سطح الأرض.

سمك الطبقة الحاملة للمياه الجوفية

هو المسافة ما بين مستوى سطح مياه الخزان الجوفى و سطح الطبقة الكتيمة (غير المنفذة) للمياه الجوفية و يحفر البئر باستخدام حفار دقاق أو حفار رحوى (والتى ستذكر لاحقا) للأبار الأعمق و الأقل قطرا، و يكون البئر كامل الأختراق عندما يصل الحفر إلى نهاية الطبقة الحاملة السفلى .

عمق البئر(Well depth)

يتحدد بمستوى سطح المياه الجوفية بالآضافة إلى سُمك الطبقة الحاملة .

مستوى سطح المياه الجوفية قبل الضخ

يسمى المستوى الاستاتيكى و عند تشغيل الضخ من البئر يحدث ما يسمى بالهبوط إذ يحدث هبوط فى سطح المياه الجوفية على شكل مخروط مقلوب قاعدته لأعلى و قمته بداخل غلاف البئر و يكون مقدارالهبوط مساويا للمسافة بين سطح الماء قبل الضخ و سطح الماء بعد الضخ أى المسافة بين قاعدة و قمة مخروط الهبوط .

غلاف البئر(well cover)

يغلف جدار البئر من الداخل بأنبوب معدنى أو بلاستيك مصمت يسمى غلاف البئر (casing) بغرض تدعيم جدران البئر و يعمل أيضا كأنبوب لنقل المياه الذى يضخة البئر .

مصافى البئر(Screens)

لا يغلف كامل عمق البئر بغلاف البئر لكنه يصل إلى مسافة محددة بعدها تركب المصافى و هى عبارة عن أنبوب من نفس خامة أنبوب الغلاف و لها نفس قطره لكنها تختلف فى كون جدار الأنبوب به فتحات تختلف فى الشكل أفضلها نوع الجسرالمصقول (The bridge is smoothed) وهو عبارة عن فتحات طولية متقاربة و عموما فإن هذه الفتحات كلما زادت نسبة مساحتها إلى مساحة سطح أنبوب المصافى الكلية كلما زاد تصرف مياه البئر و كان ذلك أفضل و العكس يحدث عندما تقل مساحة فتحات المصافى كلما قل تصرف البئر إلى أن يصل لحد أن مساحة فتحات المصافى تقل عن 5% من مساحة سطح المصافى الكلية فتتجة إنتاجية البئر للتدهور، ويؤثر طول المصافى الكلى أيضا فى انتاجية البئر فكلما زاد طول المصافى كلما زاد تصرف البئر وذلك ببساطة لأن المصافى هى الجزء الذى به فتحات تسمح بدخول المياه، والمصافى بطول 25 متر تكون جيدة ومناسبة ويمكن زيادة طول المصافى لكن هذه الزيادة فى طول المصافى ليست بلا حدود بل هناك عوامل تحدد طول غلاف البئر وإلى أين ينتهى بداية من سطح الأرض ليبدأ تركيب المصافى من حيث انتهى الغلاف و إلى نهاية عمق البئر .

الطمي أو الغرين(Silt)

هو جزيئات تربة (غالباً من الطين أو الطمي) المحمول بفعل السيول لمسافة ما ومن ثم يترسب على الأرض بعد انحسار السيل. وأغلب الغرين يحدث في المناطق الجافة كالصحاري .

الطين (Clay)

هو مادة موجودة في معظم أنواع التربة تستخدم في صناعة السيراميك والطوب . يوصف الطين بأنه ذرات (أي جسيمات) صغيرة جداً من التربة حجمها أقل من أربعة ميكروميترات (مقياس أبعاد الأجسام الدقيقة) . ويتكون أساسًا من جُسَيمات صغيرة جدًا صفائحية الشكل من الألومينا والسليكا مرتبطة معًا بالمياه. توجد مواد مختلفة في الطين يمكن أن تعطيه ألوانًا مختلفة. فعلى سبيل المثال، أكسيد الحديد يمكن أن يكسب الطين اللون الأحمر. أما المركبات الكربونية فتعطي ظلالاً مختلفة من اللون الرمادي .

الحصى

هي صخور فتاتية خشنة تتجاوز أقطار حبيباتها 2 مم، مع حشوة تكون من الرمل أو الوحل.

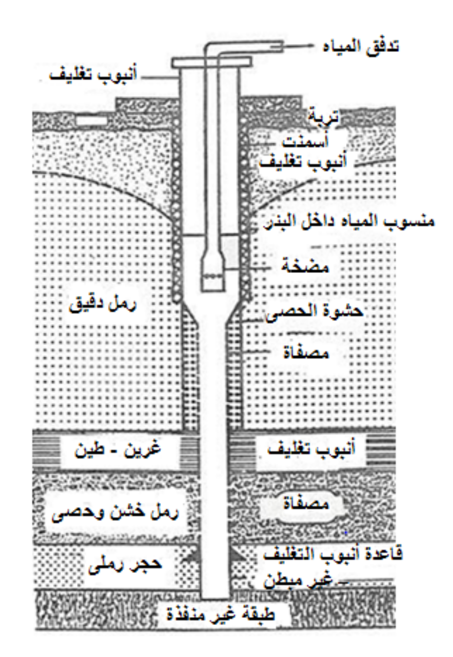
عموما يتكون بئر المياه من جزأين رئيسيين كما هو موضح بشكل (7)

الجزء الأول

يتم تبطينه بطريقة لا تسمح بمرور المياه إلى داخل فجوة البئر أويبطن بأنابيب مصمتة تعرف بأنابيب التغليف (Casing) حيث توضع أنابيب التغليف مقابلة للطبقات الجيولوجية غير المنتجة أو التي لا يرغب المستهلك في استغلالها لسبب أو لأخر.

الجزء الثانى

من البئر فيحتوي على فتحات تسمح بمرور المياه وتجمعه داخل فجوة البئر والذي يمكن أن يبطن بأنابيب معدنية ذات فتحات مقننه ومدروسة جيداً تعرف بالمصافي (Screens) ويتم اختيار نوعها وحجم فتحاتها عند تصميم البئر. وتوضع المصافي مقابلة للطبقات الجيولوجية المنتجة للمياه والتي يرغب المستهلك في الاستفادة منها.



شكل (7) مكونات بئر المياه

طرق حفر آبار المياه الجوفية

نظراً للتعامل مع أنواع مختلفة من الصخور ذات الصلابة المتفاوتة فقد تم تطوير الكثير من طرق حفر آبار المياه الجوفية لتتناسب مع أنواع طبقات الصخور التي يتم حفرها وصلابتها وعمق البئر.
نجد مثلا أن الطرق المستخدمة في حفر الصخور الصلبة جداً مثل الجرانيت كثيف البنية تختلف عن الطرق المستخدمة في حفر الصخور الهشة المفككة المكونة من رواسب مجاري الأنهار الرملية والحصوية. لذلك ترتبط طريقة حفر الآبار بمكان إنشاء البئر وطبيعة صخورها وأصبحت بعض طرق حفر الآبار أكثر شيوعا ونجاحا في بعض الأماكن عنها في أماكن أخرى. يوجد عدد كبير من التكنولوجيات المختلفة. وهناك أربعة أنواع متميزة هى الحفر اليدوي ، والتثقيب ، والدق، والحقن . وعموما تعتمد طرق الحفرعلى نوع البئر ، يوضح جدول(2) طرق حفر الآبار.

جدول (2) **طرق حفر الآبار (**Well Drilling Methods**)**

نوع البئر	توضيـــــــــح	طرق حفر الآبار
ضحلة (Shallow)	في الغالب يكون عمق الآبار الضحلة 20 متر وقد يزيد ليبلغ 40 أو 50 متر.	- يدوية - مثقوبة - مدقوقة - محقونة
عميقة (Deep)	يتم حفر الآبار العميقة باستخدام عدد من الأجهزة منها (cable tool method) - جهاز بالكابل (rotary methods)- الأجهزة الرحوية يعتمد اختيار أي طريقة بناء على الظروف الطبيعية لمنطقة الحفر.	- جهاز بالكابل (الدقاق) - جهاز رحوي (الدوار) - رحوي معكوس (الدوار المعكوس)

أولأ: طرق حفر الآبار الضحلة (Methods of Drilling Shallow Wells)

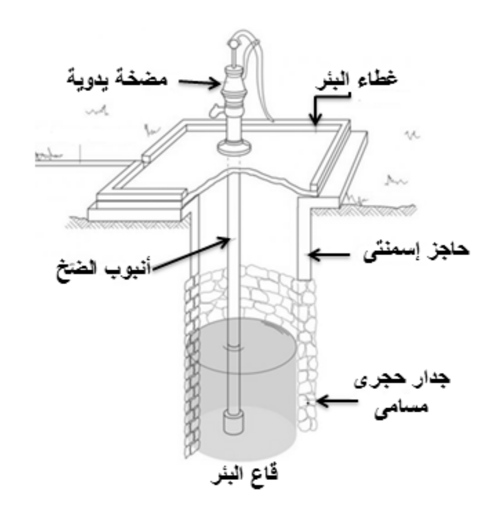
①الطريقة اليدوية (طريقة القيسون) (النصف آلى)(Caisson method) (Hand-Dug Wells)

عرفت الآبار المحفورة يدويا منذ العصور القديمة ، إذ يتجاوز تاريخها عدة آلاف من السنين ومن الممكن أن تكون قد عرفت منذ وجود الإنسان على وجه الكرة الأرضية. طريقة القيسون هى الطريقة اليدوية أو النصف آليه لحفر الآبار فى التربة الطينية والرملية ، يتراوح عمقها من بضعة أمتار إلى حوالي 50 متر وتستعمل عادة في المناطق ذات الصخور غير المتماسكة والرواسب المفتتة مثل رسوبيات الأودية وهي ذات أقطار كبيرة تتراوح بين 1 - 10 متر. وتكون في المناطق ذات مستويات المياه القريبة من السطح وتحفر إلى أعماق تتجاوز مستوى المياه ببضعة أمتار، المعول و المجرفة هما الأداتان الرئيسيتان المستخدمتان في حفر هذه الآبار.
ولضمان سلامة البئر ومنع انهيار جدرانه فإنه عادة ما يبطن ببطانة دائمة من عصي الأخشاب أو الصخور أو من الأسمنت المسلح أو من أنابيب تغليف خاصة بهذه الآبار. وفي أغلب الأحوال يكون الجزء السفلي من هذه البطانة مثقب بحيث يسمح للمياه بالمرور من الخزان الجوفي إلى داخل البئر والآبار المحفورة هي عبارة عن فتحه غير منتظمة تمتد من سطح الأرض حتى تصل إلى مستوى سطح المياه في الخزان الجوفي وعندئذ تمتد عدة أمتار تحت هذا المستوى. ونظرا للأقطار الكبيرة التي تتميز بها الآبار المحفورة فإنها يمكن أن تختزن كميات كبيرة من المياه داخل فتحة البئر.

من عيوب الآبار المحفورة يدويا سهولة تعرض مياة السطح للتلوث أو للملوثات الموجودة في الغلاف الجوي أو لسقوط بعض الأجسام (مثل الحيوانات) . حيث يساعد على تلوث مياه الآبار المحفورة يدويا صعوبة إقفال هذه الآبار لكبر أقطار فتحاتها . يوضح شكل (8) مثال للحفر اليدوي في النيجر ،ويوضح شكل (9) مكونات الآبار المحفورة يدويا .



شكل (8) الحفر اليدوي في النيجر



شكل (9) مكونات الآبار المحفورة يدويا

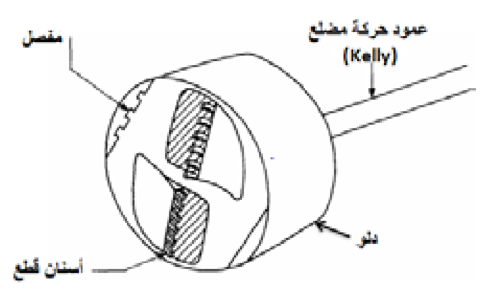
② طريقة الآبار المثقوبة

عندما تكون المياه الجوفية ضحلة ومتواجدة في صخور مفتتة غير متماسكة فإن الحفر بالثقب يمكن أن يعطي كميات وفيرة من المياه بتكلفة بسيطة ومقبولة. هناك نوعان من المعدات التي تستعمل لحفر الآبار المثقوبة وهي:

أ) حفار الدلو(Bucket Auger)

يتركب حفارالدلو من دلو قطره كبير مركب في أسفله قرص حادة كالسكين ، يتصل الدلو من اعلى بانبوب عمود حركة مضلع يسمى Kelly تمر من خلال أسطوانة دائرية كبيرة الحجم يمكنها ادارة الأنبوب داخل الحفرة.كما فى شكل (10) تمثيل مكونات حفار الدلو ، و شكل (11) مكونات حفار الدلو.

عند الحفر تقوم السكين بتكسير التربة التي تتجمع داخل الدلو ومن ثم يتم رفعها وتفريغها بواسطة مفتاح. كلما زاد عمق الحفرة يجري زيادة عدد الانابيب المضلعة والتي يتم ادخالها في بعضها مثل التلسكوب لتخفيف الاحتكاك داخل الحفرة. مع مراعاة ان يكون قطر السكين دائما أكبر من قطر الدلو.
يمكن بهذه الطريقة حفر آبار ذات أقطار تتراوح من 45 سم - 120 سم وأعماق تتراوح من 10 - 15 متر أو أكثر من ذلك. ويفضل أن يستخدم هذا الجهاز في الطبقات الطينية المتماسكة ويمكن ادخال أنابيب في البئر للتغليف لمنع الإنهيار، ففي حالة الطبقات الرملية التي توجد تحت مستوى الماء فإن الحفر يكون صعباً إلى حد كبيرمع وجود حصى بحجم كبير يُصعِب كثيرا من استخدام هذه الطريقة حيث أنه يجب إخراجها من قاع الحفرة. ويمكن باستخدام هذه الطريقة الحصول على عينات جيدة ومختلفة من طبقات التربة .



شكل (10) تمثيل مكونات حفار الدلو

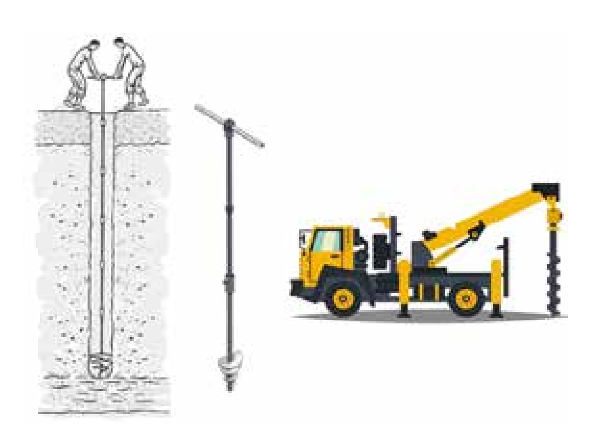


شكل (11) مكونات حفار الدلو(www.kelly-bar.com)

ب) جهاز الحلزون أو اللولب (Spiral Flight Auger)

هذا النوع من الحفارات مزود بجزء حلزوني في أسفله حيث يتم رفع التربة خلال الدوائر الحلزونية إلى الأعلى ويمكن أطالة الحفار كلما زاد العمق. عادة يوضع على لوري كبير ويُشغل بواسطة شخص واحد . ويعمل إلى أعماق تصل إلى حوالي 50 متر في الصخور غير المتماسكة والتي لا تحوي حصى . قطر الحفر يتراوح من 15-35 سم .
يفضل استخدام هذه الأجهزة في الصخورغير القابلة للانهيار. وعندما توجد تربة مفككة يفضل استخدام أنابيب أو صبة خرسانية للتغليف. ويوضع خلف التغليف حزام من الحصى.

يوضح شكل (12) حفار حلزوني يستخدم لازالة الصخور المفتتة من الحفرة.



شكل (12) حفار حلزوني يستخدم لازالة الصخور المفتتة من الحفرة

③ طريقة الآبار المدفوعة (Driven Wells)

تستخدم هذه الطريقة في حالة التكوينات المفككة التي لا يوجد بها صخور أوحصى يمكن حفر آبار تصل إلي عمق حوالي 15 متر، عمق المياه الجوفية يجب أن يكون في حدود 5متر. يتم الحفر بواسطة رأس آلة حفر مدببة (Drive point) تميل جوانبه بزاوية 45°. يرتبط رأس الحفرة بمصفاة من أعلى والتي بدورها ترتبط بمواسير بواسطة تعشيقات (Coupling).

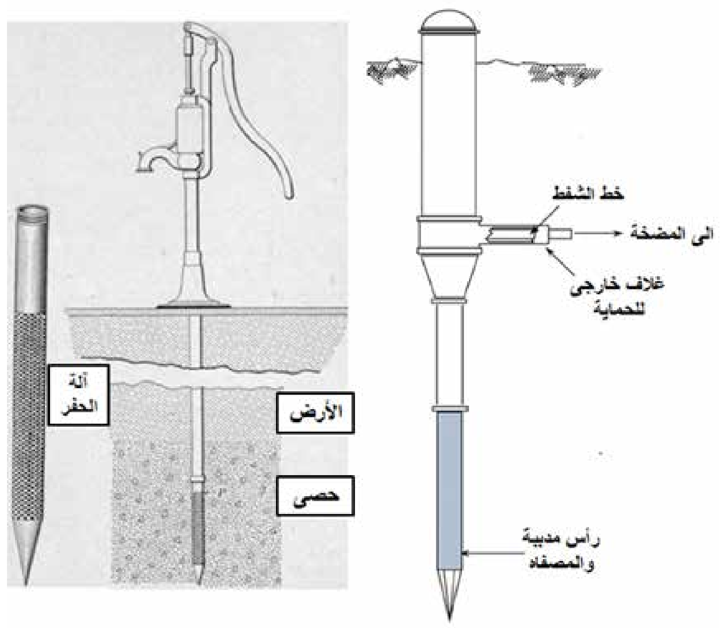
تغرز آلة الحفر المدبة في حفرة قطرها أكبر من رأس آلة الحفر والتي سبق حفرها بواسطة حفارة(Auger) وترتبط الأنابيب من أعلى بغطاء معشق (Drive Coupling) بحيث يتم طرقها بمطرقة لاتمام عملية الحفر. ويمكن تعليق الحفار من برج حفر أو حامل ثلاثى القوائم (Tripod)

يجب أن يكون لرأس الحفار قطر أكبر من الأنابيب ليمنع الاحتكاك ويسهل عملية الحفر، كذلك تستعمل أنابيب تغليف أثناء الحفر لايقاف الانهيارات. وعند إنتهاء الحفريتم تفكيك الأنابيب وتبقى رأس آلة الحفر ثابتة في مكانها علما بأن قطر الآبار المحفورة بهذا الجهاز يتراوح بين 3-10سم.

لا يمكن الحصول على عينات صخرية بواسطة هذه الطريقة ، و يبين جدول (3) مميزات وعيوب طريقة الآبار المدفوعة، كما يوضح شكل (13) تمثيل توضيحي لبئرمدفوع .

جدول (3) مميزات وعيوب طريقة الآبار المدفوعة

المميزات	العيوب
- سرعة التنفيذ - انخفاض التكاليف - تحتاج لشخص واحد للحفر	- لايمكن الحصول على عينات صخرية - لا يمكن استخراج رأس آلة الحفر



شكل (13) تمثيل توضيحي لبئرمدفوع

④ طريقة الآبار المحقونة (Injected (Jetted) wells)

يتم الحفر باستخدام مياه تضخ وتدفع بشدة على التربة بواسطة أنبوب ونتيجة للسرعة الشديدة للمياه المندفعة تتباعد التربة وتنشأ الحفرة.

يتكون جهاز الحفر من رأس آلة الحفر والتي تشبه في شكلها الأزميل حيث توجد في أعلاه فتحة لمرور المياه من خلالها. يتصل رأس آلة الحفر بمجموعة من الأنابيب التي يتم حقن المياه خلالها تحت ضغط عالي أو متوسط . نظراً لضغط المياه الشديدة فإن الأنابيب ورأس آلة الحفر ترتفع وتنخفض بطريقة تؤدي إلى تفتيت الصخور إضافة إلى تأثيرعامل ضخ المياه. ويعود ويرتفع الماء الذي يضخ داخل الحفرة مرة أخرى إلى السطح في المنطقة المحيطة بأنابيب الحفر حاملا معه فتات الصخوروالذى يجمع في حفرة أو أكثر ويعاد ضخة ثانية بواسطة مضخة ماصة داخل الحفرة. مع استمرار عملية الحفر يصاحبها إنزال أنابيب تغليف داخل البئر لمنع تسرب المياه داخل الأرض وبالاضافة لمنع حدوث انهيار للتربة . مع العلم أنه كلما زاد عمق الحفرة كلما انخفضت قوة ضخ المياه إلى الخارج نتيجة الضغط الواقع عليها والحادث نتيجة تأثير الجاذبية. وأثناء الحفر يتم إدارة المواسير يدوياً للوصول إلى حفر بئر دائري وفي وضع رأسي. لإتمام عملية الحفر يتم إنزال أنابيب البئر التي تتصل بها مصفاة من أسفل ، ثم يتم سحب أنابيب التغليف وتملأ الحفرة حول أنابيب البئر بالحصى.

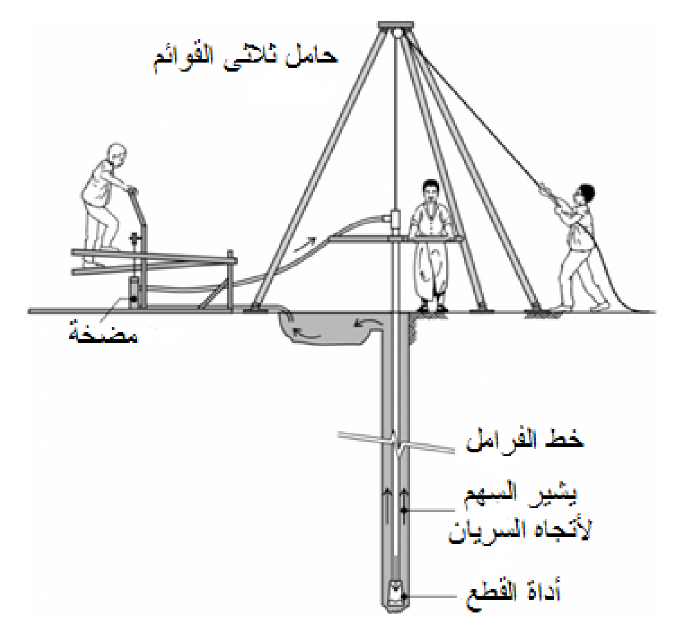
يمكن بواسطة هذه الطريقة حفر نوعين من الآبار .

- آبار قطرها صغير يتراوح بين 3–10 سم
- آبارقطرها كبير حوالى 30 سم

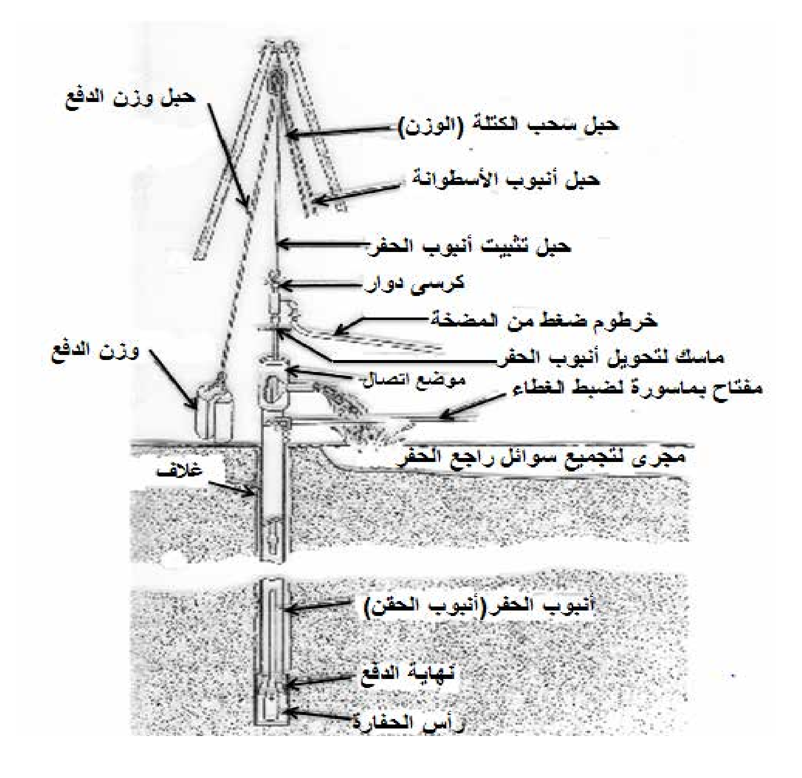
كما يمكن حفر آبار ذات أعماق كبيرة تزيد عن 50 متر، إلا أن هذه الطريقة غالبا ما تستخدم لحفر آبار استكشاف اختبارية. ولاستخدام هذه الطريقة يتحتم استخدام كميات كبيرة من المياه لاستعمالها في الحفر ومن ثم فهي غير مناسبة للمناطق الجافة.

الشكلان (15) , (14) يوضحان تمثيل توضيحي لبئرمحقون .

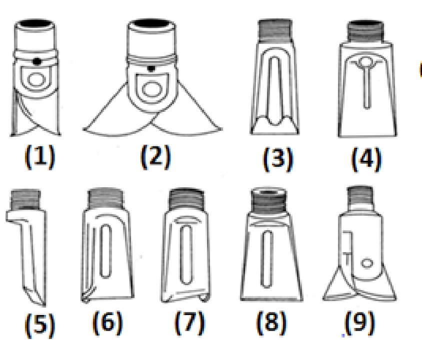
ويوضح شكل (16) أشكال مختلفة لرؤوس حفر تستخدم في الآبار المحقونة .



شكل (14) تمثيل بئر محقون



شكل (15) تمثيل توضيحي لبئر محقون



(1) رأس حفرللتوسيع (مغلق) (Expansion bit) (closed)
(2) رأس حفرللتوسيع (مفتوح) (Expansion bit) (open)
(3) رأس حفر تدفق مستقيم (Straight jetting bit)
(4) رأس حفر مستقيم (straight bit)
(5) رأس حفر جانبي (side bit)
(6) رأس حفر – T (T - bit)
(7) رأس حفر - Z (Z – bit)
(8) رأس حفر تعويضي (Offset bit)
(9) رأس حفرعلى شكل يادى (Paddy bit)

شكل (16) اشكال مختلفة لرؤوس حفر تستخدم في الأبار المحقونة

ثانياً : طرق حفر الآبار العميقة (Methods for Drilling Deep wells)

1. طريقة الحفر بالدقاق باستخدام كابل أو سلك
(Cable tool method) (Percussion method)

عرفت طريقة الحفر بالآلة السلكية (أو كابل) أو الدقاق من قبل الصينيين الذين استخدموها منذ حوالي أربعة آلاف سنة مضت واستطاعوا بها الحفر إلى أعماق كبيرة وصلت حوالي 3000 قدم .

وتعتمد هذه الطريقة على:

- اسقاط جسم صلب حاد (مطرقة ثقيلة) يرتطم بطبقات الصخور والذى يقوم بتكسيرها . ويؤدي تكرار عملية الارتطام مرات عديدة (رفع واسقاط المطرقة) إلى اختراق الجسم الصخري الصلب و إحداث ثقب أسطواني داخله.
- تتطلب هذه الطريقة استخدام مطرقة ثقيلة يتم رفعها وإسقاطها على الصخور .
- تنتهي مطرقة الحفر بطرف حاد يعرف برأس الحفار وهوالجزء المسؤول عن تفتيت الصخور وصولا فى النهاية لحدوث حفرة (ثقب) مكونة البئر فى الصخور في موضع سقوط المطرقة .
- يستخدم دلو كبير الحجم (Bailer) في عملية نزح البئر وإخراج فتات الصخور من داخله .
- الدلو عبارة عن أسطوانة طويلة لها خطاف من أعلى ومن أسفل مركب لها صمام (valve) يفتح عند ملامسة الدلو لقاع الحفرة ويبقى مغلقاً عند رفع الدلو.
- عند إمتلاء الدلو يسحب لأعلى حيث يفرغ , ثم يستكمل الحفر. توجد أحجام مختلفة للدلو وأطواله تتراوح بين 3 – 8 متر .
- لإتمام عملية النزح يجب أن يكون الفتات الصخرية فى صورة خلطة طينية لتسهيل عملية النزح . وفي حالة كون الصخور جافة وخالية من المياه يجب إضافة المياه إلى فجوة البئر لتشكيل خلطة طينية.
- يتصل الدلو بحبل يعرف بخط الرمل (Sand Line) يستخدم لإنزاله داخل البئر ورفعه عند امتلائه بفتات الصخور. يعتمد سمك خط الرمل على وزن الفتات الصخرية المتوقع رفعها من داخل البئر ويمتد إلى بكرة توجد في قمة برج الحفر تعرف ببكرة الرمل. تستخدم هذه البكرة في إنزال ورفع دلو نزح البئر وكذلك في إنزال أنابيب التغليف والمصافي التي يتم تركيبها في أغلب الأحوال عند انتهاء عملية الحفر.
- يُضرب الحفار ضربات متعددة بمعدل من 2 - 40 ضربة في الدقيقة وبطول 40 – 100 سم وأثناء الضرب يتم إدارة رأس الحفار حتى تتكون حفرة دائرية .
- بعد أن يتعمق الحفر من 1 – 2 متر ترفع أجهزة الحفر وينزل الدلو لإفراغ الحفرة من المياه والفتات.

- عند الحفر في صخور متفتة يفضل استخدام أنابيب تغليف (Casing) (شكل 17) ويتم ذلك بتثبيتها بخطافات في ساق الحفر ثم دقها في الحفرة. مع زيادة الحفر يفضل استخدام أنابيب تغليف أصغر قطراً لتقليل الاحتكاك.

ولقد أثبتت طريقة الحفر بالدقاق على مدى آلاف السنين كفاءتها في العديد من المناطق وتحت ظروف جيولوجية مختلفة. ففي بعض المناطق وتحت ظروف جيولوجية خاصة يمكن اعتبار هذه الطريقة أفضل الطرق أو هى الطريقة الوحيدة التي يمكن استخدامها في حفر الآبار، خاصة في المناطق التي تحتوي على مسامية ثانوية عالية على شكل تشققات في الصخور أو الكهوف .

يتكون عمود الحفر الكامل لهذه الطريقة من خمسة أجزاء رئيسية ، والموضحة بشكلى (19) & (18) وهي:

1- رأس الحفارة (Drilling Bit)

وهو الجزء الذي ينتهي به عمود الحفر من الطرف السفلي ويقوم بثقب الصخور وتهشيمها عند سقوطه عليها. ينتهي رأس الحفارة بنهاية حادة تساعد على ثقب الصخور و اختراقها.

2- عمود الحفارة (Drilling Stem)

وهو عبارة عن ثقل يضاف إلى رأس الحفارة للمساعدة على كسر وتهشيم الصخور. كذلك يساعد على ضمان حدوث استقامة البئر الجارى إنشاؤه. وذلك لأن حدوث خطأ بسيط في عملية حفر الصخور واختراقها يمكن أن يؤدي إلى مشاكل كثيرة عند انزال أنابيب التغليف والمصافي.

3- رجاجات الحفارة (Drilling Jars)

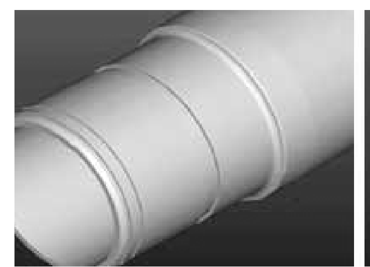
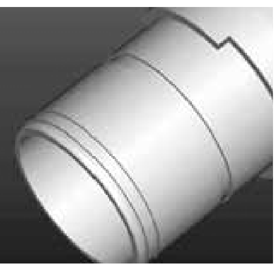
يتكون هذا الجزء من الرجاجات القابلة للانزلاق والمصنوعة من حديد الصلب. وتعمل هذه الرجاجات على تخليص عمود ورأس الحفارة من فتات الصخور المهشمة المتراكمة فوقها ، عن طريق اندفاع الرجاجات إلى الأعلى مسببة قوة سحب كبيرة تعمل على تخليص الأجزاء المحتجزة من بين فتات الصخور.

4- خيط الحفار (حبل الحفارة) (Drill Line)

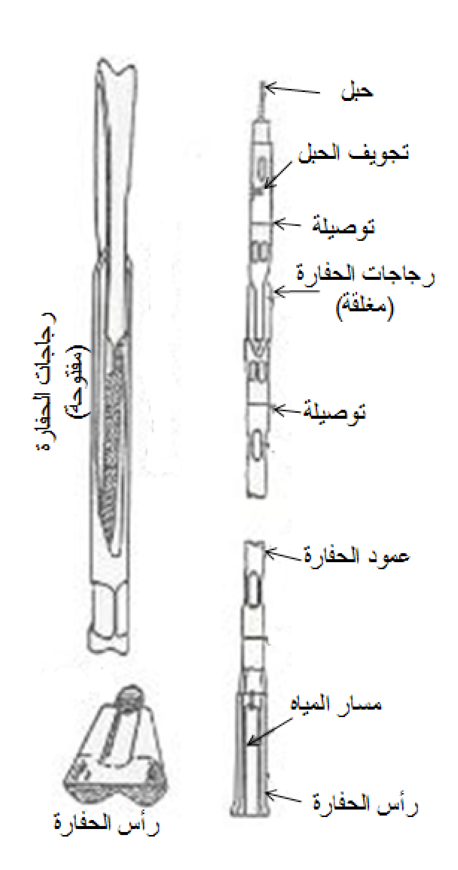
هو عبارة عن حبل ذو سمك يتراوح بين 0.625 و1 بوصة (أى بين 16 – 25 ملليمتر).
يقوم هذا الحبل بحمل جميع أجزاء الحفارة ويعمل على اعطائها حركه دائرية كلما سقطت على الصخور لتكسيرها. يمتد حبل الحفارة إلى أعلى برج الحفر حيث يلتف حول بكرة علوية تعرف بالبكرة التاجية (Crown Socket) ثم يمتد بعد ذلك إلى الأسفل من خلال عدد من البكرات الوسطية إلى أن ينتهي عند عربة الحفر حيث يلتف حول بكرة التخزين.

5- تجويف الحبل (Swivel Socket)

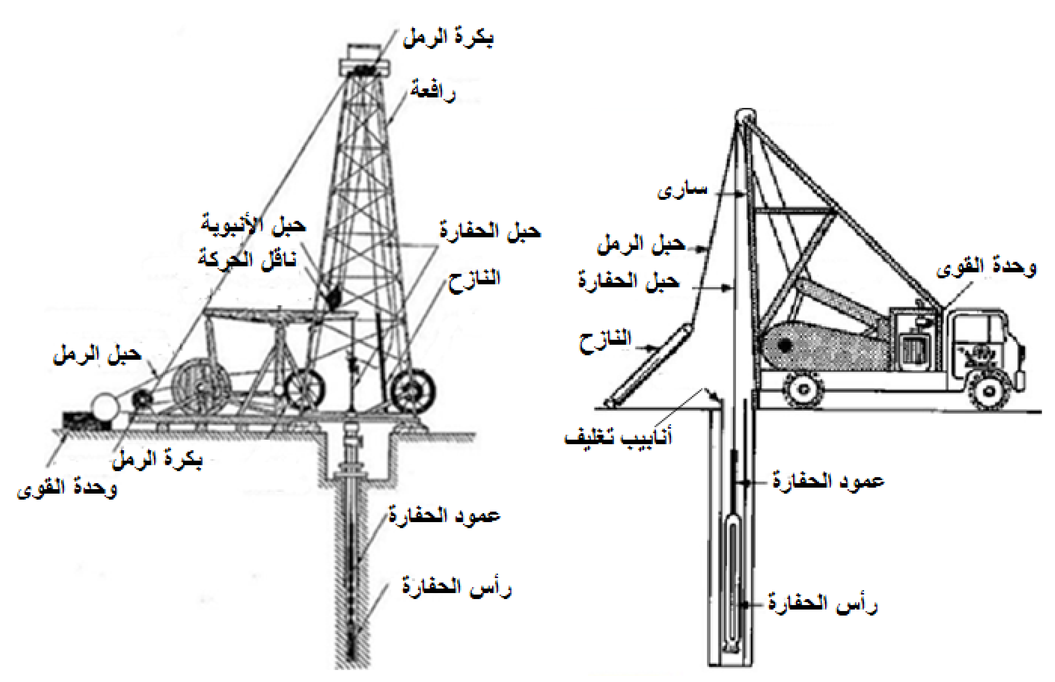
يعمل تجويف الحبل على ربط جميع أجزاء الحفارة معا و بالإضافة إلى اعطائها وزنا اضافيا يساعد رأس الحفارة على تهشيم الصخور عند سقوطه عليها كما أنه يعطي القوه اللازمة للرجاجات لتخليص أجزاء الحفارة المحتجزة من بين فتات الصخور. يوضح جدول (4) مميزات وعيوب طريقه الابار المدقوقه.
يوضح شكل (20) طريقة الحفر بالآلة الدقاق .

شكل (17) أنابيب تغليف



شكل (18) أجزاء جهاز الحفربالدقاق



شكل (19) جهاز الحفر بالدقاق



شكل (20) وسيلة الحفر بالآلة الدقاقة

جدول (4) مميزات وعيوب طريقة الآبار المدقوقة

المميزات	العيوب	الطبقة المناسبة للحفر	ملاحظات
- امكانية الوصول إلى معلومات دقيقة عن النماذج الصخرية - انخفاض تلوث الطبقات - سهولة تحديد الطبقات الحاملة للمياه لعدم وجود موانع - انخفاض طاقة تشغيل أداة الحفر -يمكن الاعتماد على العينات التي يتم جمعها بهذه الطريقة وتحديد أعماقها بدقة عالية - يمكن تشغيل الحفارة بواسطة شخص واحد فقط على الرغم من ضرورة وجود آخر ليساعده على تشغيل وإدارة الحفارة. - حيث أن حجم الحفارة غير ضخم (متوسط) فإنه يمكن نقلها إلى بعض المناطق الوعرة التي لا تصلها المعدات المستخدمة في طرق الحفر الأخرى. - يمكن نزح البئر في أي وقت يريده الحفار وبذلك يمكنه تحديد العطاء النوعي للبئر عند ذلك العمق.	- تنخفض سرعة الحفر كلما زاد عمق البئر - عدم التحكم فى تكوينات التربة الهابطة وغير المتماسكة . - التعرض لحوادث إنقطاع حبل الحفر - عدم التحكم فى الضغوطات العالية . - انخفاض معدل اختراق الحفارة للطبقات الصخرية لذا يحتاج وقتا زمنيا أطول للحفر. - ارتفاع تكاليف أنابيب التغليف حيث يتطلب الحفر بهذه الطريقة استخدام أنابيب ذات أقطار كبيرة وجدار سميك.	تناسب الطبقات الهشة غير المتماسكة مثل الحجر الرملي (ناعم إلي متوسط الخشونة) نظرا لأن الحفر يكون بثقل المطرقة	- غياب سائل الحفر يقلل من تلوث طبقات التربة - عند إستخراج فتات الصخر يتم إيقاف عملية الحفر ، مما يقلل سرعة الأداء - يمكن أن يكون حفر مطرقي جاف أو هيدروليكي

2 . طريقة الحفر بالدوران الرحوي(Method of Drilling Rotary Rotation)

1 - طريقة الدوران الرحوي المباشر

طريقة مناسبة وسريعة للحفر في الصخور المفككة حيث يمكن بواسطتها حفر آبار عميقة ذات أقطار تبلغ 45سم أو أكثر. في هذه الطريقة تكون رأس الحفارة عبارة عن بريمة تدور دورانا رحويا مؤدية إلى سحق المادة الصخرية التي تخترقها. وتتم إزالة نواتج سحق الصخور باستخدام دورة مستمرة من سائل طيني خاص يستخدم لهذه الطريقة يعرف بسائل الحفر أوطين الحفر (drilling mud) . يضخ سائل الحفر عبر أنبوب الحفر إلى داخل البئر حيث يخرج من خلال فتحات في رأس الحفارة ليأخذ طريقه عبر الفجوة الموجودة بين أنبوب الحفر وجدار البئر حتى يصل إلى السطح. يوجه هذا السائل إلى حفرة خاصة تعرف بحفرة الترسيب(Settling Pit) ويترك في هذه الحفرة حتى يتم ترسيب ما يحمله من فتات الصخور الناتجة عن عملية الحفر ثم يتم نقلة إلى حفرة أخرى ليكون جاهزا للضخ مرة ثانية إلى داخل البئر. يتكون عمود الحفر في هذه الحالة من أربعة أجزاء رئيسية ، يوضح شكل (21) هذه المكونات وهي:

رأس الحفارة (Drilling Bit)

وهو الجزء من الحفارة الذي يستخدم في سحق الصخور واختراقها بطريقة الدوران الرحوية. تتميز هذه الطريقة بوجود نوعين رئيسين من رؤوس الحفارات وهي :

- رأس الحفار الخطافي (Drag Bit)

وهو مصنوع من مادة معدنية صلبة يمكنها سحق الرواسب الرملية والطينية الهشة .

- رأس الحفار الصخري (Rock Bit)

وهو مصنوع من مادة الفولاذ المقواة بمادة التنجستين التي يمكنها من سحق واختراق الصخور الصلبة والرواسب الحصوية. ويوضح شكل (22) أشكال مختلفة من رأس الحفارة .

طوق الحفارة (Drilling Bit)

وهو الجزء السفلي من أنبوب الحفر الذي يتصل برأس الحفارة. ويتكون من أنبوب أو أكثر ذوات جدران سميكة لتعطي وزنا إضافيا لرأس الحفارة وتعمل على ضمان الاستقامة لعملية الحفر, كما يزود الطوق بمثبتات (Stabilizers) خاصة تعمل على زيادة فعالية الحفارة في حالة الحفر الرأسي المستقيم دون حدوث مشاكل ميل الحفر.

أنبوب الحفر (Drill Pipe)

عبارة عن مجموعة من الأنابيب التي غالبا يصل طول الواحد منها 20 قدما (6.1 متر) و توجد أيضا بأطوال أخرى مختلفة ، وقطرها بين 2.375 – 6 بوصات (60 – 120 مم) . وعمل هذه الأنابيب هو أمرار سائل الحفر من السطح حتى يصل إلى رأس الحفارة .

عمود الحركة الكيلي (Kelly)

يوجد عمود الحركة في أعلى أنبوب الحفر وهو عبارة عن أنبوب جدرانه ذات سمك كبير وشكل مختلف عن الأنابيب العادية ، قد يكون دائري أو سداسي أو مربع الشكل . ويتصل عند إحدى نهايتيه مع أنبوب الحفر وعند نهايته الأخرى مع الصحن الدوار (Drill Table) حيث يمر خلال الصحن فينقل الحركة الدورانية الهيدروليكية من الصحن الدوار إلى رأس الحفار من خلال تحريك عمود الحفر.

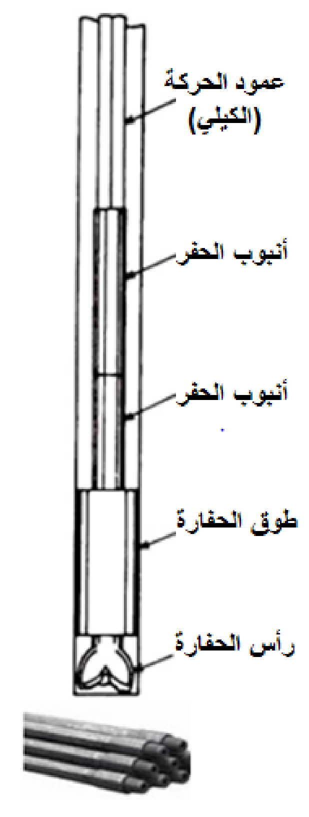
وتتكون طينة الحفر من عالق من المياه والطين والبنتونيت(bentonite) وبعض المواد العضوية والتى تساعد على تفتيت طين الحفر بعد أيام من استعمالها، حيث يعمل طين الحفر على تبريد آلة الحفر وتشحيمها حيث يختلط بالفتات، بالاضافة إلى عند صعوده من المنطقة المحيطة بأنبوب الحفر فيعمل على رفع الفتات إلى السطح حيث يترسب في حُفر ومن ثم يتم شفط المياه بواسطة مضخة ليعاد استعماله.

تكون الأدوار الرئيسية لأجزاء عمود الحفر في طريقة الدوران الرحوي المباشر هى :

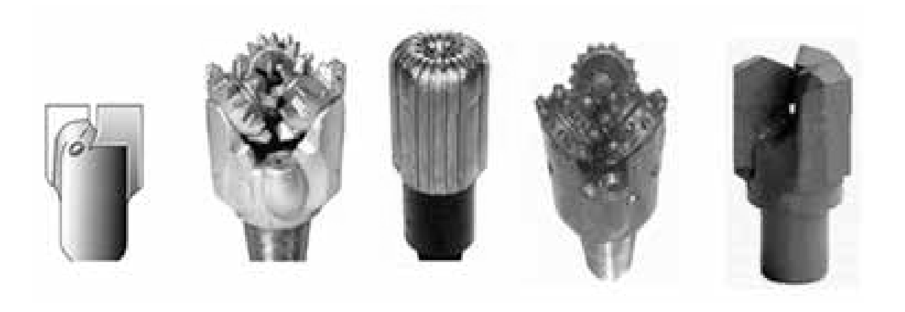
- ضمان دورة مستمرة من سائل الحفر طوال عملية الحفر منذ بدايتها حتى انتهائها.
- تحريك رأس الحفارة وضمان اختراقها للطبقات الجيولوجية المتعاقبة.

يوضح شكل (23) الحفر بالدوران الرحوي

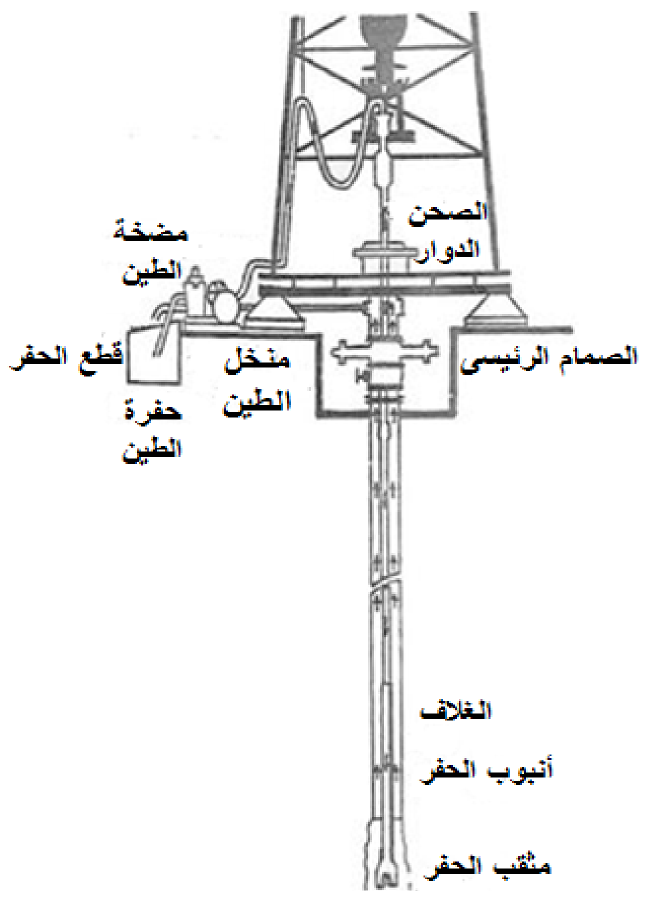
يبين جدول (5) مميزات وعيوب طريقة الحفر بالدوران الرحوي .



شكل (21) مكونات عمود الحفر



شكل (22) أشكال مختلفة من رأس الحفارة



شكل (23) **الحفر بالدوران الرحوى**



شكل (24) **طريقة الحفر بالدوران الرحوى**

جدول (5) مميزات وعيوب طريقة الحفر بالدوران الرحوي

المميزات	العيوب	الطبقة المناسبة للحفر	ملاحظات
- معدل اختراق عالي . - سهولة إنزال المصافي . - سهولة نقل وتركيب وسائل ومعدات الحفر - لا تحتاج أنابيب تغليف أثناء عملية الحفر - يمكن نقل وتركيب معدات الحفر بهذه الطريقة بسرعة أكبر من الطرق الأخرى	- إمكانية انقطاع دورة سائل الحفر في طبقات التربة عالية المسامية . - يحتاج تشغيل أداة الحفر إلى فريق عمل مدرب - يجب أن يكون فريق العمل من ذوي الخبرة فى خواص سائل الحفر -يتطلب جمع عينات الصخور المحفورة وتحديد أعماق هذه العينات إلى عمليات حسابية دقيقة.	تناسب الطبقات الطينية والرملية الصلبة والحصوية ، لأن عملها يكون بكشط وتكسير طبقات التربة	يتم استخراج الفتات الصخري من البئر بواسطة سائل الحفر . مما يحسن من سرعة الأداء

2 **- طريقة الدوران الرحوي المعكوس**(Reverse Circulation Rotary Method)

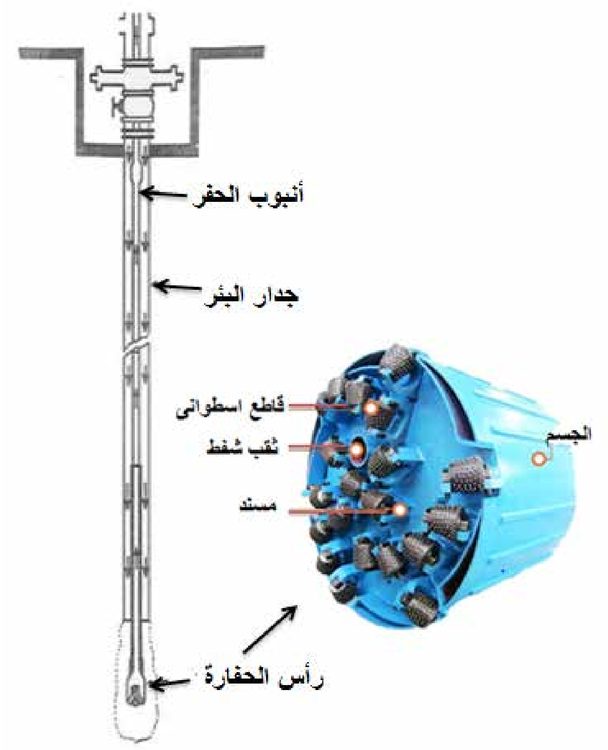
نتيجة للطاقة المحدودة للمضخات في إزالة فتات (نواتج) حفر الآبار بطريقة الدوران الرحوي المباشر فإن معظم الآبار المحفورة بالطريقة السابقة لا يزيد قطرها عن 24 بوصة. إضافة إلى ذلك أن معدل اختراق الحفارة للطبقات الجيولوجية خلال عملية الحفر بطريقة الدوران الرحوي المباشر تصبح غير مناسبة عندما يزداد قطر البئر عن 24 بوصة. وللتغلب على هذه المشاكل فإنه عند الاحتياج لحفر آبار ذات أقطار كبيرة يمكن استخدام طريقة الدوران الرحوي العكسية.

عموما هذه الطريقة هى الأكثر شيوعا عند حفر الآبار ذات الأقطار الكبيرة في الصخور المفتتة حيث يضخ المياه في داخل الحفرة حول أنابيب الحفر ومن ثم يرتفع من خلال رأس آلة الحفر وأنبوب الحفر إلى أعلى بواسطة مضخة طرد مركزي لها سعة عالية .

يتم ضخ المياه الخارج من البئر إلى حفرة على السطح حيث يترسب الفتات ويعاد استخدام المياه بحيث يكون باستمرار عمق المياه في البئر قريب من سطح الأرض. ولمنع إنهيار التربة من جدار البئر يجب التحكم في سرعة المياه الهابطة كما يجب ألا يقل قطر البئر عن 40 سم. ويتراوح قطر رأس آلة الحفر بين 1.8-0.4 متر. وتكون سرعة المياه الصاعدة داخل الأنابيب أكبر من 2 متر/ ثانية ، ويجب أن تدار الطاولة بسرعة تتراوح بين 1-40 دورة /دقيقة . وتعتبر هذه الطريقة من أسرع الطرق لحفر الآبار العميقة في الصخور المفتتة ولكنها تستهلك كمية كبيرة من المياه ، كما يفضل إنهاء الحفر باستخدام غلاف حصوي.

تشبة هذه الطريقة كثيرا طريقة الدوران الرحوى المباشر، فتصميم معدات الحفر للطريقتين واحد تقريبا ولكن معدات الحفر بطريقة الدوران الرحوي العكسية أكبر حجما. وهناك اختلاف رئيسي آخر يتعلق بدورة سائل الحفر،لأن سائل الحفر يترك لينساب إلى داخل البئر عبر الفجوة بين جدار البئر وأنبوب الحفر تحت تأثير الجاذبية ثم يمر السائل بعد ذلك عبر فتحات موجودة في رأس الحفارة إلى داخل أنبوب الحفر حيث يُضخ إلى السطح ، وبذلك تصبح دورة سائل الحفر عكس الطريقة المباشرة وهذا هو سبب التسمية لهذه الطريقة.

يوضح شكل (25) الحفر بالدوران الرحوى العكسى. ويوضح شكل (26) جهاز الحفر بالدوران الرحوى العكسى. ويبين جدول (6) مميزات وعيوب طريقة الحفر بالدوران الرحوي العكسى



شكل (25) الحفر بالدوران الرحوى العكسى



شكل (26) جهاز الحفر بالدوران الرحوى العكس

جدول (6) مميزات وعيوب طريقة الحفر بالدوران الرحوي العكسى

المميزات	العيوب	الطبقة المناسبة للحفر	ملاحظات
- سهولة تركيب أنابيب التغليف والمصافي . - عدم تأثر مسامية ونفاذية الخزان الجوفي في المنطقة المحيطة بجدار البئر . - امكانية الحفر من خلال جميع الطبقات الرسوبية - يمكن حفر آبار ذات أقطار كبيرة بتكلفة اقتصادية مناسبة	- تحتاج لكميات كبيرة من المياه - صعوبة نقل معدات الحفر - يحتاج لفريق عمل متخصص من عدة أشخاص - يحتاج لمساحات واسعة مجهزة ومحفورة لحفظ سائل الحفر	يمكن الحفر من خلال جميع أنواع الصخور الرسوبية ، ماعدا المحتوية علي كمية من الزلط	يلاحظ أن تصميم المعدات متشابه في كل معدات الحفرالرحوي المباشر . الإختلاف الوحيد يكون في دورة سائل الحفر

3 - الحفر الرحوى التوربيني (Turbine drilling)

يمثل الحفر التوربيني وسيلة حفر دورانية تستعمل نفس الميكانيكية والتقنية الأساسية كما هو الحال في الطريقة الإعتيادية و الفرق الأساسي يكمن في أن دوران الحافرة يتم بواسطة توربين متعدد المراحل موجود في قاع البئر والذي يحصل على طاقة من سائل الحفر ، لذلك فليس هنالك حاجه لدوران عمود الحفر بأكمله ، ويحتوي التوربين على مجموعة متناظرة من الأجزاء الثابتة والدوارة حيث يوجه سائل الحفر بواسطة الأجزاء الثابتة لكي يدفع بعدها صفائح الأجزاء الدوارة مسببا دورانها .
يوضح جدول (7) مميزات وعيوب طريقة الحفر الرحوي التوربينى

جدول (7) مميزات وعيوب طريقة الحفر الرحوي التوربينى

المميزات	العيوب	الطبقة المناسبة للحفر	ملاحظات
- معدل عالى لإختراق طبقات التربة - الاستغناء عن دوران عمود الحفر - إستعمال أنابيب حفر ووصل ربط أرخص وأخف وزنا - عملية تشغيل أقل ضوضاء	- ارتفاع تكلفة جهاز الحفر التوربيني نسبيا - يحتاج لسعة مضخة أكبر - يحتاج عناية أكثر لإزالة المواد الصلبة من مجرى الحفر	تحقق معدلات إختراق عالية في تكوينات الطبقات الرملية الناعمة إلى متوسطة الخشونة ولكنها غير مفيدة في الطبقات التي تحتوي على نسبة عالية من الزلط الخشن ، حيث أنه يعيق ويصد الأجزاء الدوارة في التوربين	يتم دوران معدات الحفر بواسطة توربين متعدد المراحل موجود في قاع البئروالذي يحصل على طاقة تشغيله ودورانه من سائل الحفر

مقارنة بين تكاليف طرق الحفر المختلفة

يوضح جدول (8) مقارنة بين تكاليف طرق الحفر المختلفة

جدول (8) مقارنة بين تكاليف طرق الحفر المختلفة

الحفر المطرقي (الدقاق)	الحفر الرحوي الدوراني	الحفر الرحوي العكسي	الحفر الرحوي التوربيني
- تكلفة منخفضة ومناسبة لكل من المعدات و التشغيل وتركيب معدات الحفر ، مع بساطة استخدامها - تكلفة مرتفعة لأنابيب التغليف ، حيث أن أنابيب التغليف تكون ذات قطركبيرة.	- تكلفة عالية لصيانة المعدات و مضخات سائل الحفر - عموما الحفر بهذه الطريقة أكثر تكلفة من الحفر الدقاق	- نظرا لكبر حجم المعدات فإن ذلك يؤدى إلى زيادة تكلفة النقل والترحيل من مكان إلى آخر - أكثر تكلفة من طريقة الحفر الرحوي المباشر	- تكلفة جهاز الحفر التوربيني مرتفعة جدا . - أنابيب الحفر ووصلات الربط تكون أرخص - الأكثر تكلفة من الطرق السابقة

إنـهاء البئر (Well Completion)

عند الإنتهاء من حفر البئر يجب تركيب عدة عناصر بعد إنشاء الحفرة و قبل تشغيل البئر وهى :

- التغليف (Placement of Casing) .
- تثبيت التغليف (Cementing of Casing) .
- تركيب المصافي (Placement of wall screen) .
- الحزام الحصوي(Gravel Packing)

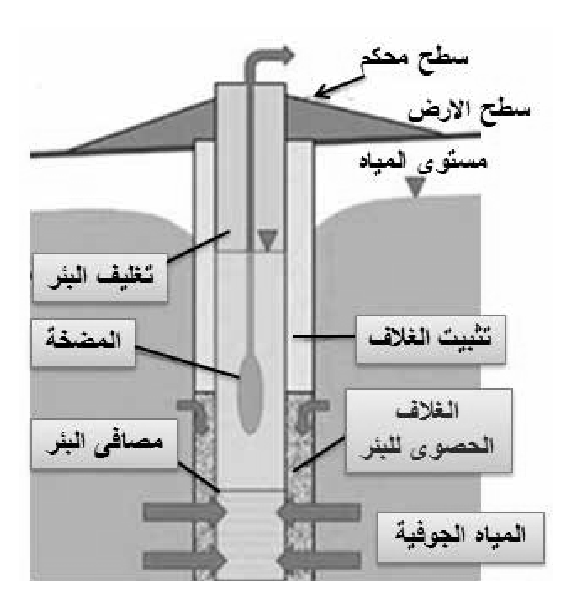
في الصخور الصلبة يمكن ترك البئر كحفرة فقط دون عمل هذه الاجراءات إذا لم يتطلب الأمر عملها.
يوضح شكل (27) مكونات إنهاء البئر .

تغليف البئر (Well Casing)

يكون الغرض منه

- بقاء البئر مفتوحاً دائماً .
- منع الانهيارات إلى داخل البئر سواء من الخارج أو من جدران البئر(تدعيم البئر) .
- منع دخول المياه غير المرغوب فيها سواء كانت سطحية أوجوفية.

حيث يستخدم في التغليف أنابيب من الحديد الصافي أو المخلوط أو بلاستيك مصمتة، كما فى شكل (28) ، ووصلات على شكل أسنان تعشق في بعضها البعض أو تلحم الأنابيب لمنع أي تسرب. ففي حالة الحفر بطريقة الجهاز الدقاق يتم دق أنابيب التغليف داخل البئر بينما في حالة الحفر بطريقة الجهاز الرحوي يتم إنزال الأنابيب لأنها أصغر قطراً من الحفرة. غلاف البئر لا يغلف كامل عمق البئر لكنه يصل إلى مسافة محددة بعدها تركب المصافى .



شكل (27) **مكونات إنهاء البئر**

تثبيت الغلاف (Cementing of Casing)

تعبأ المنطقة المحيطة بأنابيب التغليف بالأسمنت (البورتلاندي مثلا) لحمايتها من الصدأ ومنع دخول المياه غير جيدة النوعية إلى البئر وأيضا لحماية الأنابيب من التعرض للصخور المنهارة. ويتم تعبئة الفراغ حول الأنابيب بالأسمنت بعدة طرق منها وضع الخلطة الأسمنتية من خلال أنبوب صغير(Tremie pipes) يتم وضعة فى ثقب الحفرة خارج أنابيب التغليف.

تركيب المصافي (Placement of Well Screen)

المصافى عبارة عن أنبوب ، كما فى شكل (29) من نفس مادة أنبوب الغلاف و لها نفس قطره لكنها تختلف فى كون جدار الأنبوب به فتحات طولية متقاربة و عموما فإن هذه الفتحات كلما زادت نسبة مساحتها إلى مساحة سطح أنبوب المصافى الكلية كلما زاد تصرف مياه البئر.
في المناطق ذات الصخور الصلبة تدخل المياه مباشرة إلى البئر دون الحاجة إلى تركيب مصافي ولكن في حالة المتكونات المفتتة يجب إنزال مصافي إلى داخل البئر.

يكون عمل المصافي كالآتى :

- تثبيت جوانب البئر
- منع دخول الرمال إلى البئر
- السماح بدخول كمية من المياه إلى البئر تحت ظروف مقاومة هيدرولكية قليلة

تصنع المصافي من مواد مختلفة مثل السبائك المعدنية ، البلاستيك ، الخرسانة ، الزجاج الصناعى والخشب .

الحزام الحصوي (Gravel Packing)

هو عبارة عن غلاف من الحصى الصناعي يوضع في المنطقة المحيطة بالمصفاة ، ويكون عمله :

- يثبت الطبقة الحاملة للمياه.
- يعمل كمرشح لحماية البئر من الرمال.
- يسمح باستعمال مصافي ذات ثقوب كبيرة ومساحة مفتوحة واسعة

يوفر منطقة دائرية ذات نفاذية عالية تزيد من القطر الفعال وغطاء البئر

يكون حفر البئر ذو قطر أكبر من قطر غلاف و مصافى البئر بحيث يوزع حولهما و بالتساوى غلاف حصوى سمكة لا يقل عن 3 بوصة و لا يزيد عن 8 بوصة. يحسب حجم حصوات الغلاف الحصوى على أساس تحليل عينة من الطبقة الحاملة للمياة بالمنخل لتحديد حجم حبيبات العينة و النسبة المئوية لكل حجم من أحجام الحبيبات بالعينة و بناء على ذلك يحدد حجم حبات غلاف البئر الحصوى التى يتم اضافتها ببطء و استمرار حول الغلاف و المصافى بواسطة ماسورة قطرها باتساع حفر البئر.





شكل (28) **أنبوب الغلاف**



شكل (29) **المصفاة**

تطوير وتنمية البئر(أو تنظيف البئر)

يفيد تنظيف البئر فى:

- تسليك مسام الغلاف الحصوى حول البئر
- ترتيب الحبات مما يسبب فى رفع كفاءة البئر

- و تتم هذة العملية لفائدتها بعد حفر البئر كما تجرى بعد ذلك لاحقا بغرض عمل صيانة البئر و المحافظة على كفاءته . يتم تنظيف البئر بإحكام إغلاق فتحة البئر العلوية بغطاء ينفذ من خلالة هواء مضغوط بواسطة ضاغط للهواء (كومبريسور).

توريد و تركيب المضخات

توريد المضخات ومشتملاتها من مواسير وكابلات ولوحة الكهرباء وتركيبها وتنزيلها فى البئر وتشغيلها وفى النهاية نكون قد حصلنا على المياه الجوفية.

الباب الثالث

أنواع مضخات المياه

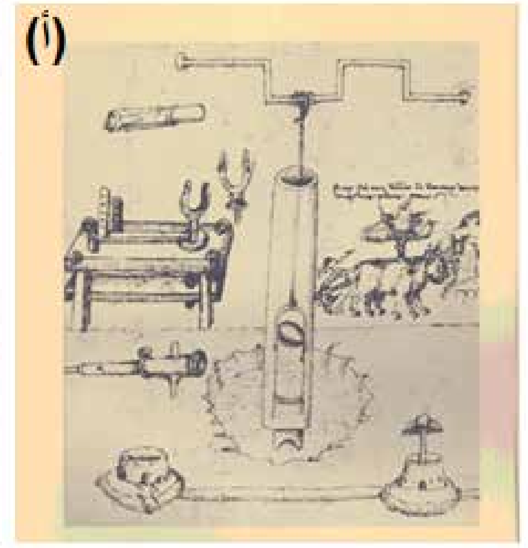
(TYPE OF WATER PUMPS)

مقدمة

في الكثير من القري والواحات البعيدة عن المدن قد لا تتوافر خدمة توصيل شبكة الكهرباء العامة بالاضافة إلى احتمال عدم وجود مصادرالمياه الجارية كالأنهار والبحيرات وغيرها. لذا فإن تلبية احتياجات سكان تلك المناطق من المياه سواء المستخدمة في الري و الزراعة أو الشرب وغيرها من الاستخدامات تعتمد بشكل أساسي علي آبار المياه الجوفية والتي يحتمل (أو غالبا) ما تكون علي أعماق متفاوتة ، ومن ثم تظهر أهمية استخدام مضخات لرفع المياه . وفي هذه المناطق تكون مصادر الطاقة المستخدمة في ادارة مضحات رفع المياه إما أن يكون بالديزل أو باستخدم مضخات الطاقة الشمسية.

المضخة

هى وحدة ميكانيكية تقوم بسحب المياه من البئر ودفعه بضغط معين إلى أعلى ، وتستمد قدرتها من محرك كهربائي . تتكون المضخة من جسم ثابت (الغلاف) والذى يحتوي على فراغ متصل بأنبوب السحب ويتصل الفراغ من أعلى بأنبوب الضغط وتقوم المروحة بعملية سحب المياه ودفعها إلى الخارج .
يوضح شكل (1) أ مضخة مكبس أوروبي والتي ظهرت لأول مرة في القرن الخامس عشر بمعرفة كل من :
فى عام 1450 بمعرفة المهندس الايطالى مريانو (1382 – 1453) (Mariano di Jacopo)
فى عام 1475 بمعرفة المهندس الايطالى فرانسيسكو(Francesco di Giorgio Martini) (1439-1501)
ويوضح شكل(1) ب مضخة مياه يدوية قديمة (عام 1924) في مدرسة Alapah ، Georgia ، بالولايات المتحدة الأمريكية .





شكل (1)

(أ) مضخة مكبس أوروبي **(ب) مضخة مياه يدوية قديمة**

عمل المضخة

تعمل المضخة اعتماداً على مبدأ " الضغط الجوي" :

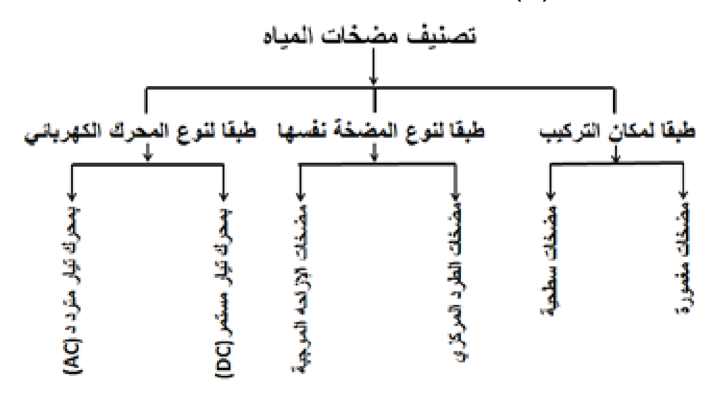
- الضغط الجوي يساوي 1 كجم / سم² ويعادل 10 متر من عمود المياه على 1 سم ².
- لذا فإن الضغط الجوي هو الذي يؤدي إلى رفع المياه داخل أنبوب السحب بارتفاع لايزيد عن 10 متر
- وعمليا لا ترتفع المياه عن 8 متر نظرا لفقد جزء من الطاقة بسبب الاحتكاك .

حيث تمكن المضخة السائل على :

- السريان من منطقة ضغط منخفض إلى منطقة ضغط أعلى .
- التدفق من منطقة منخفضة إلى منطقة أعلى .
- زيادة سرعة السائل .

أنواع مضخات المياه

تصنف أنواع المضخات طبقا لشكل (2)



شكل (2) **أنواع مضخات المياه**

أولا - أنواع مضخات المياه حسب نوع المضخة نفسها (وليس محرك المضخة)

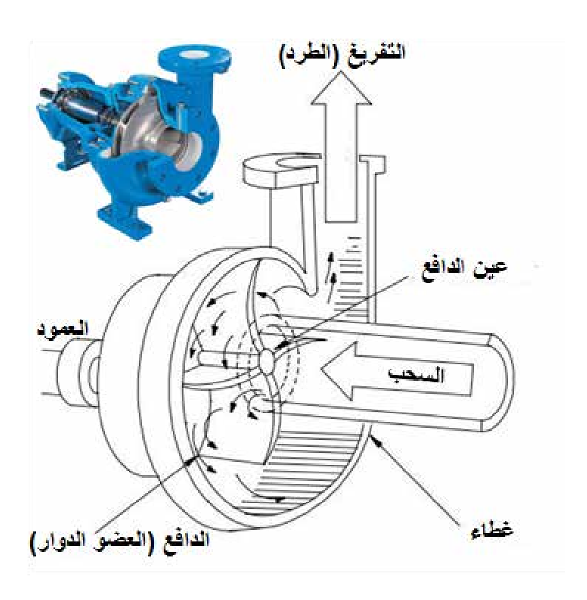
تنقسم مضخات المياه إلى قسمين رئيسين حسب آلية عمل المضخة:

(أ) مضخات الطرد المركزي (Centrifugal)

تستخدم مضخة الطرد المركزى بكثرة في أعمال الري وتمتاز بالآتي:

- بساطة التصميم
- كفاءة عالية
- تصرف عالي
- سهولة التركيب
- تكلفة مناسبة
- سهولة الصيانة
- تتلاءم مع سرعات المحركات المختلفة ولكن يعيبها أن كمية رفع المياه محدودة نسبيا

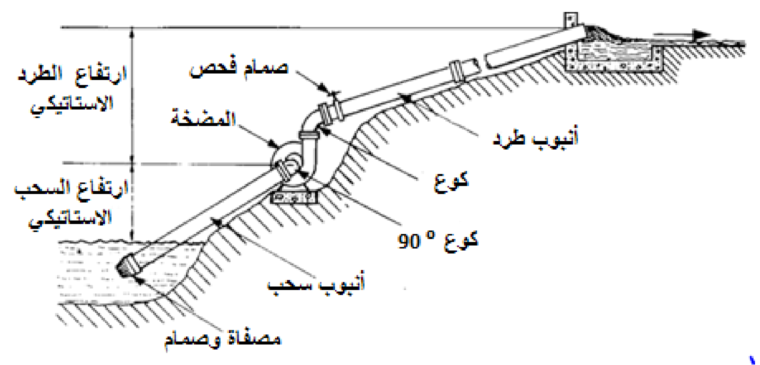
يوضح شكل (3) مكونات مضخة الطرد المركزى



شكل (3) مكونات مضخة الطرد المركزى

ويوضح شكل (4) طريقة رفع المياه من مستوى منخفض إلى مستوى أعلى باستخدام مضخة طرد مركزي وفيه :

- **ارتفاع السحب الإستاتيكي :** هو المسافة الرأسية بين مركز المضخة وسطح المياه في البئر .
- **ارتفاع الطرد الإستاتيكي :** هو المسافة الرأسية بين مركز المضخة وفتحة تفريغ المياه .
- **الارتفاع الإستاتيكي الكلي :** هو مجموع المسافات الرأسية بين سطح مصدر المياه وفتحة تفريغه ، أي أنه يساوي ارتفاع السحب الإستاتيكي + ارتفاع الطرد الإستاتيكي .
- **ارتفاع الفقد بالاحتكاك :** هو مقدار الفاقد نتيجة الاحتكاك بين المياه وجدران المضخة والأنابيب.
- **ضاغط السرعة :** هو الضغط الذي يتحول إلى سرعة اندفاع .
- **الضغط الديناميكي الكلي :** هو مجموع الضغوط السابقة .



شكل (4) طريقة رفع المياه من مستوى منخفض إلى مستوى أعلى باستخدام مضخة طرد مركزي

(ب) مضخات الإزاحة الموجبة (Positive displacement)

مضخات الإزاحة الموجبة تستعمل فصين (نتوء مستدير) أو مروحتين إن صح التعبير يدوران باتجاه معاكس لسحب المياه و إزاحتها ,
يوضح شكل (5) مكونات مضخة الإزاحة الموجبة



شكل (5) مكونات مضخة الإزاحة الموجبة

تتكون مضخة الإزاحة الموجبة من جزء دوار وأجزاء أخرى تتحرك (وهى أسنان التروس) فى غلاف مغلق وثابت . ويتواجد السائل فى الفراغات بين هذه القطع ثم يتم دفعة إلى منطقة ذات ضغط أعلى . ويوضح جدول (1) مقارنة بين مضخة طرد مركزي ومضخة الإزاحة الموجبة .

جدول (1) مقارنة بين مضخة طرد مركزي ومضخة الإزاحة الموجبة

مضخة طرد مركزي	مضخة الإزاحة الموجبة
مناسبة لنقل مواد ذات درجات نظافة متفاوتة	مناسبة لنقل سوائل نظيفة أو غير نظيفة
غير مناسبة للسوائل عالية اللزوجة	مناسبة للسوائل عالية اللزوجة
غير مناسبة للمواد المحتوية على هواء أو غاز	يمكن أن تتعامل مع المواد المحتوية على 50% هواء أو غاز
تتعامل مع الضغوط المنخفضة إلى المتوسطة	تتعامل مع الضغوط المنخفضة إلى المتوسطة
تستعمل للتدفقات الكبيرة	تتعامل مع معدلات تدفق من منخفضة جدا الى متوسطة

ثانيا - أنواع مضخات المياه حسب مكان التركيب

تصنف المضخات حسب موقع عملها إلى :
(أ) مضخات سطحية (surface pumps)
(ب) مضخات غطسة (submersible pumps)
يوضح شكل (6) نموذج مضخة سطحية وأخرى غاطسة ، وفيما يلى توضيح كل نوع .

شكل (6) نموذج مضخة سطحية وأخرى غاطسة



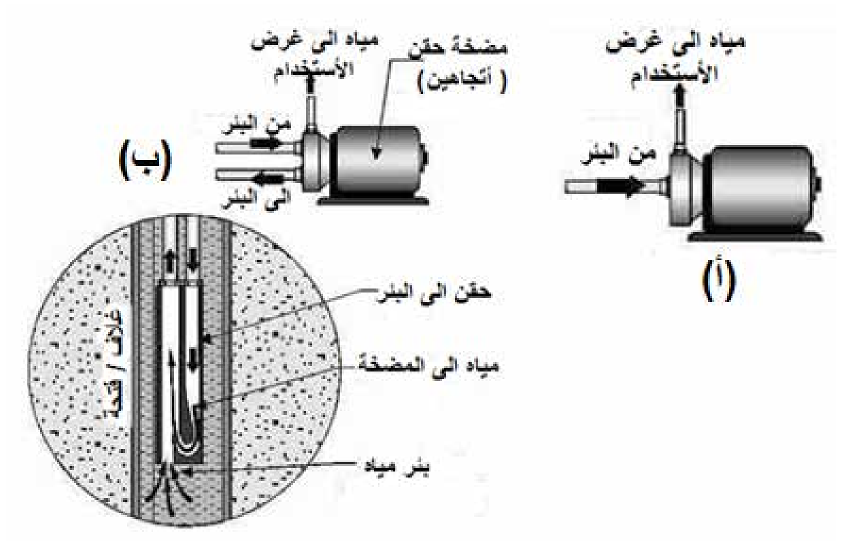
(أ) المضخات السطحية (surface pumps)

- تركب على سطح الأرض أى خارج مصدر المياه و في الفضاء (لا تكون فى البئر) .
- لا تستخدم مع الآبار العميقة (أى ليست ملائمة عند وجود المياه العميقة) .
- يوصى باستعمالها فى الآبار التى لا يتجاوز عمقها 10 أمتار ويكون منسوب المياه فيها لا يقل عن 3 أمتار (أى لا يمكن للمضخة سحب المياة من ارتفاع أكبرعن 7 متر) .
- سهلة التركيب والصيانة .
- مناسبة في تطبيقات رفع المياه من الأنهار أو الترع أو نزح مياه من خزان .

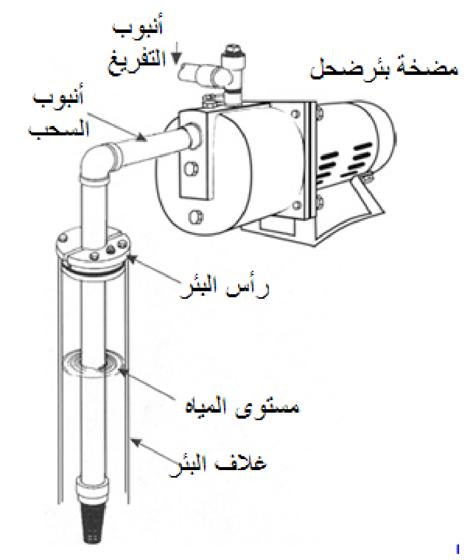
يوضح شكل (7) أنواع مختلفة من المضخات السطحية ، ويوضح شكل (8) (أ) مضخة سطحية لبئر ضحل (خط واحد) ، (ب) مضخة سطحية لبئر ضحل (خطين) .
يبين شكل (9) توصيل مضخة سطحية ببئر ضحل .
ويوضح شكل (10) تعريف متغيرات المضخة السطحية .



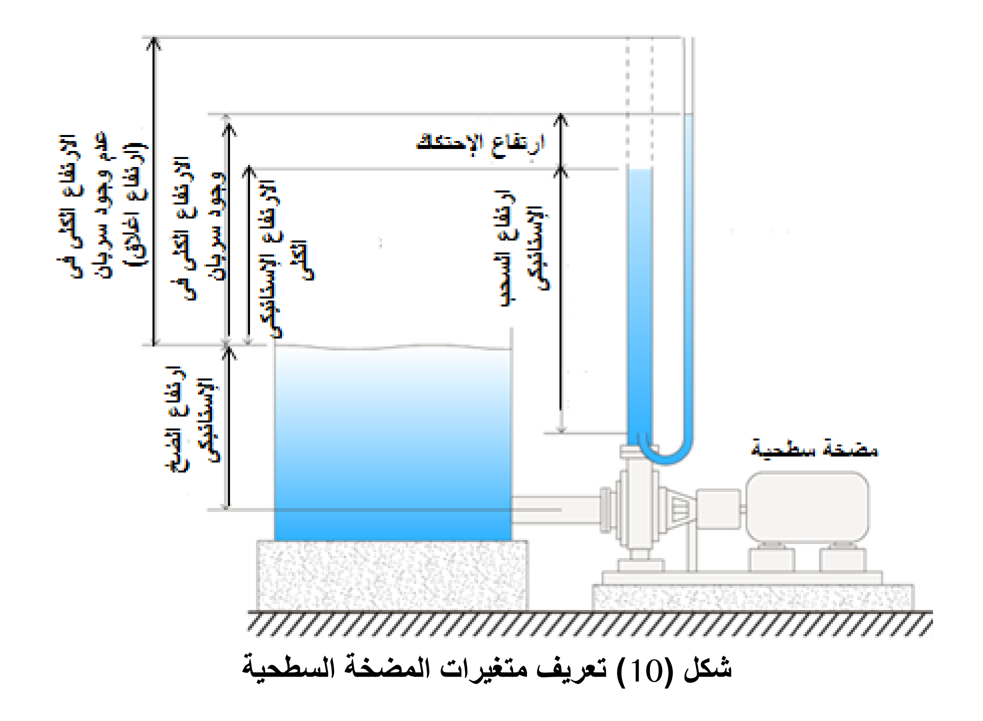
شكل (7) أنواع مختلفة من المضخات السطحية



شكل (8) المضخات السطحية لبئر ضحل



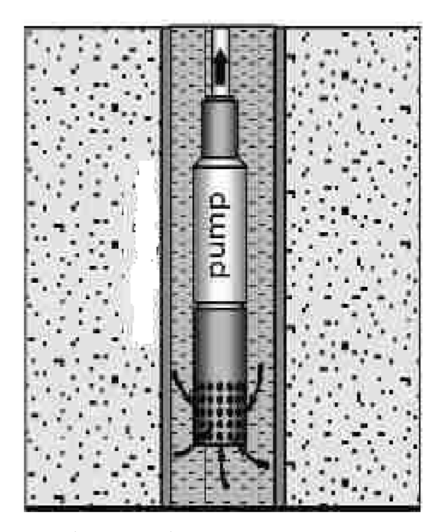
شكل (9) توصيل مضخة سطحية ببئر ضحل



شكل (10) تعريف متغيرات المضخة السطحية

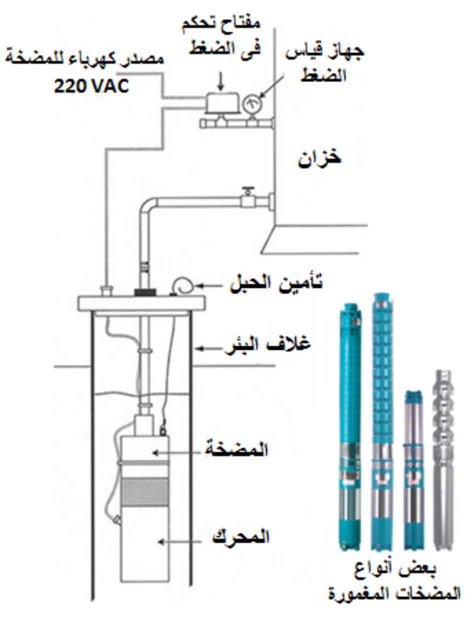
(ب) المضخات الغاطسة (submersible pumps)

- تمتاز بالشكل الصاروخى وقطرها الصغير, حيث يتم إنزالها داخل البئر وتعمل وسط المياه (عملها بدون مياه يسبب تلفها). ويوضح شكل (11) المضخة الغاطسة.
- تتطلب المضخات الغاطسة ألا يقل قطر الأنبوب المتدلي فى البئر عن ثلاثة بوصات .
- تقع تحت سطح الأرض و تظل مغمورة تحت المياه .
- رأس الشفط للمضخة يتجاوز 10 امتار .
- ارتفاع تكاليف الصيانة و التركيب نظرآ لتركيبها من خلال حفر حفرة بالأرض .
- متعددة المراحل .
- تحتوي علي أجهزة حماية ضد جفاف المياه .
- تستخدم للأعماق الكبيرة جدا حيث يكون تأثيرها قليلا بأى إنحراف رأس أو اعوجاج فى تصميم البئر .



شكل (11) المضخة الغاطسة

المضخة الغاطسة فى الأصل مضخة طرد مركزي مزودة بمحرك كهربائى يمكنه العمل تحت سطح الماء ودائما ما يكون المحرك الكهربائى أسفل المضخة، ويوضح شكل (12) نظام المضخة الغاطسة.
تعتبر المضخات الغاطسة الأكثر انتشارا نظرا لتحسين أداء وعمل المحرك بالاضافة إلى الوصلات والاسلاك الكهربية والسدادات التى تجعل المحرك معزولا عن المياه عندما يكون مغمورا, كما يمكن لهذه المحركات أن تعمل بكفاءة فى أعماق تصل إلى 150 متر تحت سطح المياه .من أهم مزايا المضخة الغاطسة الاستغناء عن عمود الادارة الطويل ومجموعة كراسى التحميل اللازمة للمضخة التوربينية الرأسية والتى تدور بواسطة الآلة الدوارة أو محرك موضوع فوق سطح الأرض ، كذلك يمكن الاستغناء عن غرفة المضخة اللازمة للمضخة التوربينية.



شكل (12) نظام المضخة الغاطسة

تتكون المضخة من مجموعة المضخة والمحرك الكهربائى كوحدة واحدة ثم أنابيب الضخ وأخيرا مجموعة الرأس وكابل او السلك الكهربائى المغمور تحت سطح المياه يصنع عمود ادارة للمجموعة من الحديد الصلب غير قابل للصدأ وهو قصير جدا ومركب علية الدفاعات المروحية المصنوعة من البرونز وتكون الدفاعات مغلقة أو شبه مغلقة فى حالة استخدام ضغطا عاليا، ويتم دخول المياه من المرشح أو مصفاة موضوعة بين المحرك الكهربائية والمضخة،على أن يكون قطر المحرك الكهربى مساويا طاسة المضخة ولكنه يتميز بأنه أطول بكثير من المحركات العادية وهو من النوع الحثى المسمى بمحرك قفص السنجاب والذى يمكن أن يكون من النوع الذى يشحم بالزيت او المياه .. علما بأنه اذا شحم بالزيت فيجب ان يكون بداخل المحرك صندوق صلب مملوء بزيت خفيف ذو شدة عزل عالية ....

بالاضافة إلى وجود سدادة من الزئبق موجودة فوق عضو الانتاج الكهربائى وذلك لمنع تسرب الزيت أو دخول المياه عند نقطة مرور عمود دوران المحرك من خلال العلبة إلى الدفاعات المروحية.

و إذا كان المحرك من النوع الذى يبرد بواسطة المياه ففى هذه الحالة نجد أن مياه البئر يمكن أن تصل إلى المحرك لأن عمود دوران المحرك وكراسى التحميل تعمل فى داخل المياه أما العضو الساكن للمحرك (وهو عبارة عن مجموعة من ريش نصف قطرية) فتكون معزولة عن عمود الدوران من خلال حشوة رقيقة من الصلب غير قابل للصدأ ... ويحيط بعمود الدوران مصفاه وذلك لمنع دخول شوائب صلبة إلى داخل المحرك المضخات ذات القدرة الكبيرة يتم تركيبها باستخدام أنابيب معدنية .

أما المضخات الصغيرة فيتم تركيبها كما يلي

- توضع المضخة ضمن قفص معدني و يربط القفص بحبل مناسب
- يتم توصيل فوهة المضخة إلى أنبوب بلاستيك.
- يتم توصيل المضخة إلى كابل (سلك) التغذية ، على أن يتم عزل التوصيلات عن المياه و منع و صوله إليها .
- يتم إنزال الغاطسة الموجودة ضمن القفص المعدني المربوط بالحبل إلى البئر و يتم التنزيل باستخدام الحبل .
- عند وصول المضخة للعمق المناسب يتم ربط الحبل إلى فوهة البئر بحيث يكون ثقل المضخة على الحبل و ليس على الأنبوب البلاستيك أو الكابل .
- يتم توصيل نهاية الكابل الكهربائي إلى اللوحة الكهربائية.

ومن الأعطال الشائعة فى المضخات الغاطسة

1- عمل المحرك فى الاتجاه العكسى (المضخات التى تعمل بنظام الكهرباء ثلاثى الأطوار) .

2- زيادة الضغط عن طاقة المضخة المستخدمة .

3- انسداد فتحة السحب بالمضخة بمواد غريبة أو ترسبات ملحية أو انهيار جوانب البئر فوق فتحة السحب .

4- انسداد المضخة بفقاعة هواء أو جيب الهواء ، حيث يؤدى وجود هذا الجيب إلى عدم خروج المياه نهائيا من المضخة .

5- انخفاض الجهد الكهربائى عن الحدود المطلوبة لتشغيل المضخة .

6- انسداد صمام عدم الرجوع الموجود فوق ضمن مكونات نظام المضخة .

7- انسداد انابيب الضخ او التصرف بأية إعاقة .

8- خطأ فى التوصيلات الكهربائية .

9- احتكاك ميكانيكى بين المضخة و المحرك .

10- حدوث ثقب فى أنابيب الضخ والتصريف تؤدى إلى تسريب المياه قبل وصولها إلى سطح الأرض .

11- دخول حصى أو أجسام صلبة إلى مراوح المضخة والذى يؤدى إلى منع دورانها ، ثم احتراق الملفات .

ثالثا - أنواع مضخات المياه حسب نوع المحرك المستخدم

(أ) مـضخـات تيـار مـتـردد (AC)

تعمل المضخة علي محرك يعمل بالتيار المتردد . وتستخدم فى المشاريع الكبيرة

ومن خصائص محركات التيار المتردد الآتى :

- لا تحتاج تيار بداية عالى لتشغيلها .
- سهولة صيانتها و التعامل معها .
- محركات الثلاثة اطوار تتميز بالعزم العالي ونادراً ماتحتاج إلى صيانة لعدم احتوائها على الفرشاة الكاربونية مع سهولة التحكم في سرعتها من خلال تغيير التردد .
- يتم التحكم بها عن طريق الجهد والتردد وتغيير عدد الأقطاب .
- تتميز محركات التيار المتناوب بقوة عزمها وتحملها لظروف العمل .
- رخص تكلفة الحصول على التيار المتردد .
- لا تحتاج إلي وسيط لتشغيلها (إنفرتر) .

وعليه فإن مـضخـات التيـار المـتـردد:

يتم تحويل التيار المستمر الناتج من الألواح الشمسية إلي تيار متردد باستخدام إنفرتر، وهو ما يؤدي إلي فقد في طاقة الانتاج و الاستهلاك .

(ب) مـضخـات التيـار المستمر (DC)

تعمل المضخة علي محرك يعمل بالتيار المستمر . وتستخدم فى المشروعات الصغيرة والمتوسطة .

من خصائص محركات التيار المستمر الآتى :

- يتم التحكم بها عن طريق جهد وتيار المدخل وذلك للتحكم بالسرعة أو اتجاه الدوران .
- تحتاج إلى وسيط لتشغيلها (إنفرتر).
- أصعب فى صيانتها و التعامل معها

وعليه فإن مـضخـات التيـار المستمر :

- تعمل المضخة علي محرك يعمل بالتيار المستمر مباشرة.
- لا تحتاج بطاريات ولا إنفرتر.
- تحتاج إلي فنيين صيانة مهرة.

الباب الرابع

مكونات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الكهروشمسية

(COMPONENTS OF SOLAR WATER PUMPING SYSTEMS)

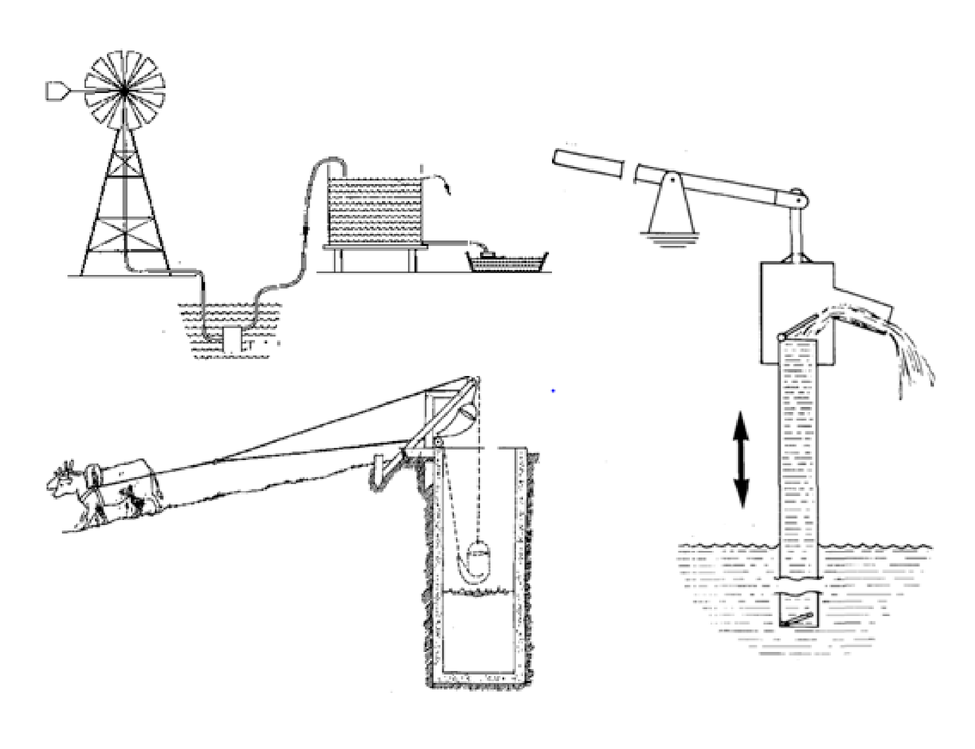
مقدمة

عادة تتوافر المياه فى مجارى وآبار حيث تحتاج إلى طاقة لرفعها لمستوى الاستخدام ، ويلزم لذلك طاقة لضخها فى أنابيب ونقلها لمناطق الاستخدام ، وقد استخدم الإنسان مجموعة متنوعة من مصادر الطاقة وهي الطاقة البشرية ، والحيوانية ، والمائية ، والرياح ، والطاقة الشمسية ، والوقود الأحفورى (مثل استخدام الديزل للمولدات الصغيرة) . ولأنظمة ضخ المياه تاريخ طويل ، فقد تطورت بداية من استخدام الجهد البشرى ، ثم طاقة حيوانات الجر وما توفر من طاقات طبيعية كطاقة الرياح ، وعند ظهور منتجات البترول والكهرباء وما صاحبها من انتاج المحركات ثم الاستفادة من الطاقة الشمسية التى تعوض عن مصادر الطاقة التقليدية.

ومن أنظمة الضخ المستخدمة في المجتمعات البعيدة الأنواع الآتية :

- الضخ اليدوى (Hand pumps link)
- الضخ باستخدام الحيوانات (Animal driven pumps)
- الضخ الهيدروليكي (Hydraulic pumps)
- الضخ بطاقة الرياح (Wind pumps)
- الضخ بالوقود الأحفوري (ديزل) (Diesel and gasoline pumps)
- الضخ بالجاذبية (فرق المنسوب) (Difference teams) (Gravity pumps)
- الضخ بالطاقة الشمسية (Solar PV pumps)

- **ويوضح شكل (1) نماذج لأنظمة ضخ تقليدية**



شكل (1) نماذج لأنظمة ضخ تقليدية

توجد أنواع متعددة من أنظمة الضخ بالوقود الأحفوري منها المحركات التي تعمل بالديزل ويوضح شكل (2) مضخة مياه بمحرك ديزل ، ترفع المياه حتى 35 متر , بأقصى كمية مياه 1366 لتر / الدقيقة ، قدرة 15 حصان

ويوضح شكل (3) مضخة مياه قوية وموثوق بها مزودة بمولد ديزل ، لهذا المولد بداية سحب يدوية مع مفتاح بدء التشغيل الكهربائي. ومضادة للاهتزاز ومزودة بفتحة لخفض الزيت وقياس للوقود. (مولد الديزل هو مزيج من محرك ديزل مع مولد كهربائي لتوليد الطاقة الكهربائية. يتم تصميم محرك اشتعال الانضغاط بالديزل عادةً لتشغيله على وقود الديزل)

يبين جدول (1) مميزات وعيوب أنظمة الضخ المختلفة



شكل (2) مضخة مياه مزودة بمولد ديزل



شكل (3) مضخة مياه بمحرك ديزل

جدول (1) مميزات وعيوب أنظمة الضخ المختلفة

نظام الضخ	المميزات	العيوب
الضخ اليدوى (Hand pumps Link)	• إمكانية التصنيع المحلي • سهولة الصيانة • انخفاض كلفة التأسيس • لا يحتاج للوقود	• لا يتناسب مع الأعماق المختلفة للآبار • تدفق منخفض
الضخ باستخدام الحيوانات (Animal driven Pumps)	• إنتاجية أعلى من الضخ اليدوى • تكاليف منخفضة • استخدام مخلفات الحيوان كسماد عضوي أو وقود • لا يحتاج للوقود	• تغذية الحيوانات على مدار السنة • الحاجة للحيوانات في أعمال أخرى
الضخ الهيدروليكي (Hydraulic pumps)	• لا يحتاج تشغيله لمراقبة مستمرة • قليل التكاليف • عمره طويل وموثوقية عالية • سهولة الصيانة • لا تحتاج للوقود	• يتطلب أماكن تركيب مناسبة • تدفق منخفض • يتطلب حركة الماء من أجل العملية
الضخ بطاقة الرياح (Wind pumps)	• لا يحتاج تشغيله لمراقبة مستمرة • قليل التكاليف • عمره طويل • إمكانية التصنيع المحلي • لا يحتاج للوقود	• يتطلب وجود رياح في الموقع • يتطلب تخزين الماء لأوقات تكون فيها الرياح منخفضة السرعة • يتطلب خبرات فنية خاصة • صعوبة التركيب • كلفة صيانة و إصلاح عالية
الضخ بالوقودالأحفوري(ديزل) (Diesel and gasoline pumps)	• سهلة التركيب • كلفة تأسيسية منخفضة • استخدامات متنوعة • يمكن حملها و نقلها	• ارتفاع سعر نقل الوقود • كلفة صيانة مرتفعة • عمرها قصير • يسبب الضجيج وتلوث البيئة
الضخ بالجاذبية (فرق المنسوب) (Gravity pumps) (Difference teams)	• كلفة منخفضة جدًا • صيانة منخفضة • لا توجد كلفة وقود • سهلة التركيب • بسيطة وموثوقة	• عملية فقط في بعض الأماكن التي يكون فيها خزان الماء أعلى من مناطق التصريف
الضخ بالطاقة الشمسية (Solar PV)	• لا يحتاج تشغيله لمراقبة • صيانة منخفضة • سهلة التركيب • عمره طويل وموثوقة • لا توجد كلفة وقود • يمكن أن تكون متنقلة	• كلفة تأسيسية مرتفعة • يتطلب تخزين الماء للأيام الغائمة • يتطلب خبرات فنية خاصة • يجب أن تتعرض للشمس بدون وجود الظل

مكونات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

يمكن استخدام الطاقة الشمسية فى أنظمة ضخ المياه بأحد طريقتين :

- باستخدام الخلايا الشمسية كمصدر للكهرباء وبالتالى استخدام مضخة تدار بمحرك كهربى.
- استخدام الطاقة الحرارية المركزية بمجمع القطع المكافىء لانتاج طاقة حرارية تشغل محرك ستيرلنج والذى يقوم بدوره بتشغيل المضخة.

فى هذا الباب سنتعرض فقط لأنظمة الضخ باستخدام الخلايا الشمسية .

نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية الكهروضوئية (الفوتوفلتية) وهو يماثل نظام الضخ التقليدي باستخدام الكهرباء ولكن تستخدم الطاقة الشمسية بدلاً من الوقود الأحفوري (الديزل) أو الكهرباء العامة.

فى عام 1978 قام مركز أبحاث لويس التابع لناسا فى البدء بإنشاء أول نظام PV وذلك بتركيب محطة كهروضوئية بقدرة 3.5 كيلووات على محمية في قرية Papago الهندية الواقعة في جنوب أريزونا - حيث تم استخدام النظام لتوفيرضخ المياه والكهرباء في 15 منزل وذلك حتى عام 1983 ، عندما تم توصيل الشبكة الكهربائية إلى القرية عندئذ تم تخصيص نظام PV لضخ المياه فقط للقرية.

يوضح جدول (2) مقارنة بين أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية و بالطرق التقليدية

ويبين جدول (3) مزايا وعيوب أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية .

جدول (2) مقارنة بين أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية و الضخ بالطرق التقليدية بالكهرباء

الضخ بالطاقة الشمسية	الضخ بالطرق التقليدية
- لا تتطلب أي وقود أو كهرباء لتشغيلها. - لا تتحمل التكاليف المتكررة للكهرباء أو الوقود . - لا تتأثر بحدوث تغيرات في جهد المصدر. - تركب في المناطق النائية التي لا تتوافر فيها الكهرباء أو في حالة صعوبة الحصول علي الديزل . - صيانة منخفضة (عدد أقل من الأجزاء المتحركة) . - لا يوجد احتمال لتلوث المياه / التربة . - سهل التنفيذ .	- تتطلب وقود أو مصدر من الشبكة العامة . - التعرض أو التأثر لمشاكل الشبكة العامة للكهرباء . - تتأثر بالتغييرات الحادثة في مصدر الكهرباء . - تحتاج إلي صيانة (لوجود عدد من الاجزاء المتحركة). - تسبب تلوث المياه / التربة نتيجة استخدام الديزل و مواد التشحيم اللازمة للتشغيل .

جدول (3) مزايا و عيوب أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية

المميزات	العيوب
- الطاقة الشمسية متوافرة بصورة منتظمة - لا تحتاج لمصدر طاقة بديل مما يقلل تكاليف التشغيل - تعمل تلقائيا بعد شروق الشمس (أو حسب برنامج تشغيل وحدة التحكم) دون الاحتياج إلي المتابعة البشرية مما يقلل تكاليف التشغيل - سهولة التركيب - لا تحتاج كابلات للربط بالشبكة العامة - طاقة نظيفة وصديقة للبيئة لا تؤدي إلي تلوث المياه الجوفية أو الهواء (كما في المضخات التي تعمل بالديزل) - انعدام تكاليف البنية التحتية للمياه و الكهرباء من الشبكات العامة .	- ارتفاع التكلفة الأولية للنظام - نتيجة انخفاض الطاقة الناتجة من الخلايا الشمسية من فصل الشتاء ، ينخفض معدل تدفق المياه من مضخات الطاقة الشمسية بنسبة تصل إلي 30% - مضخات التيار المستمر تتطلب خبرة فنية خاصة لاجراء الصيانة لها - في حالة وجود أشجار أو مباني مرتفعة أو عوائق في مكان النظم الشمسية ، ويجب إزالتها

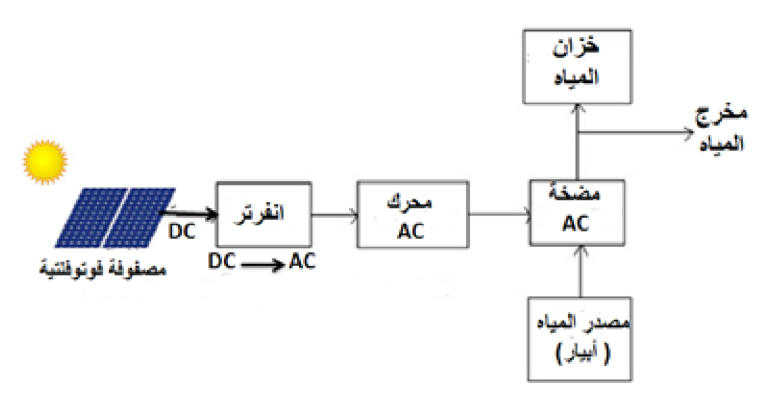
يتكون نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية من :

- مصفوفة فوتوفلتية (Photovoltaic) وملحقاتها
- عاكس (إنفرتر) (inverter) لتحويل التيار المستمر (DC) إلى تيار متردد (AC) (فى حالة ما إذا كان محرك المضخة من النوع الذى يعمل بـ (AC))
- مجموعة المضخة والمحرك وملحقاتها التى تعمل على تحول المخرج الكهربى للمصفوفة الفوتوفلتية إلى طاقة هيدروليكية
- مجموعة بطاريات (اختياريا فى حالة الاحتياج)
- مواسير الآبار
- كابلات التغذية الكهربائية
- خزان المياه ونظام توزيع المياه ، الذى يوزع المياه إلى مواضع الاستخدام المطلوب

حيث يوضح شكل (4) مكونات نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية

ويوجد نوعان من أنظمة ضخ المياه بالطاقة الكهروشمسية طبقا لنوع التيار الكهربى المستخدم هما :

- نظام ضخ المياة بالطاقة الكهروشمسية المتردد (AC) ، فى هذا النظام يتم تغذية المضخة من مخرج الإنفرتر
- نظام ضخ المياة بالطاقة الكهروشمسية المستمر (DC) ، فى هذا النظام يتم تغذية المضخة من مخرج المصفوفة أو من خلال مجموعة بطاريات تخزين ومنظم شحن .



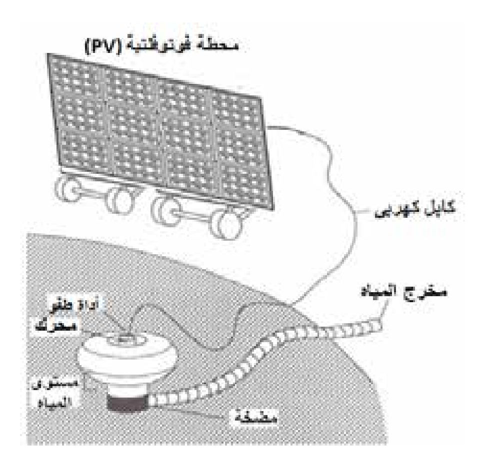
شكل (4) مكونات نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية

أولا : المضخات الشمسية الكهربائية

يبين شكل (5) تمثيل محطة ضخ مياه بالطاقة الشمسية باستخدام مضخة سطحية ، نظرا لبساطة وسهولة هذا النوع فإن المضخة يمكن أن تكون قابلة للنقل من مكان لآخر، كذلك تركب محطة الطاقة الفوتوفلتية على عجلات لسهولة نقل كل محطة الضخ من مكان لآخر ، ويوضح شكل (6) محطة ضخ شمسية باستخدام مجموعة مضخة ومحرك سطحية بينما يبين شكل (7) محطة ضخ المياه بالطاقة الشمسية باستخدام مضخة غاطسة ,وتستخدم المضخة الغاطسة إما كوحدة كاملة مدمجة مع المحرك ، كما فى شكل (8) ، أو يركب المحرك على سطح البير ، إن كفاءة هذا النوع منخفضة نظرا لمفقودات الطاقة الناتجة من عمود ادارة الحركة بين المحرك والمضخة ، ومن عيوبة ارتفاع تكاليف التركيب ، كما فى شكل (9)

يوضح شكل (10) محطة ضخ كهروشمسية باستخدام مضخة غاطسة ومحرك يعمل بالتيار المستمر، فى هذا النوع تحتوى المحطة على وحدة تحكم تتكون من منظم للتيار الكهربى وأجهزة الاستشعار لمنسوب المياه والغرض من هذه الوحدة :

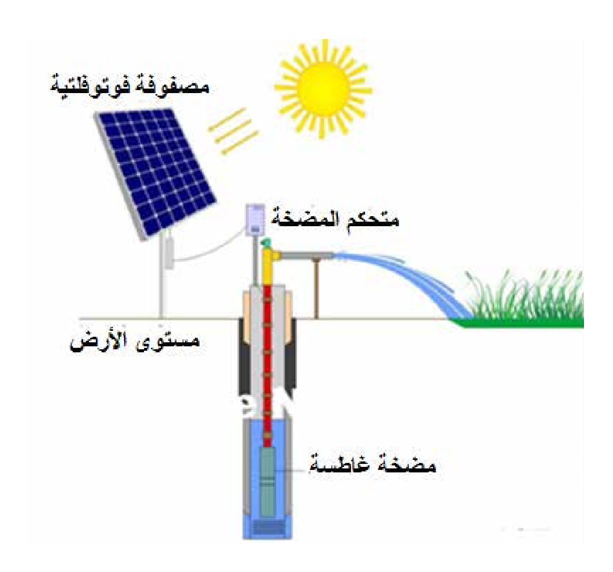
- مطابقة الكهرباء التى تصل إلى المضخة مع الكهرباء المتولدة من ألواح الفوتوفلتية
- وقاية المضخة ضد انخفاض / ارتفاع الجهد ، حيث يتم إيقاف نظام خروج الكهرباء إذا كان الجهد منخفضا جدا أو مرتفعا جدا عن مدى جهد تشغيل المضخة .



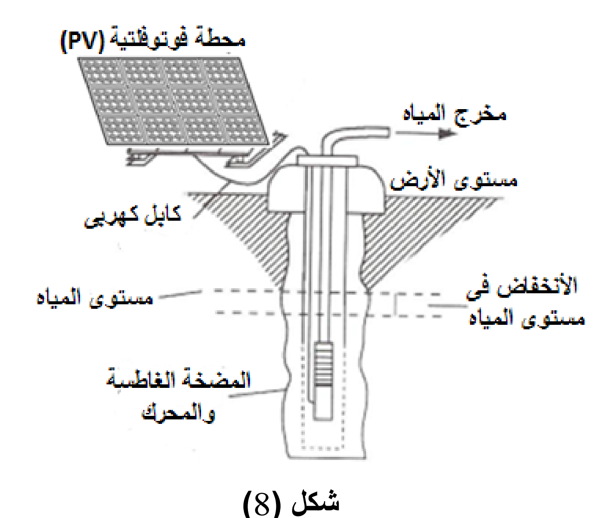
شكل (5) تمثيل مجموعة ومحرك سطحية تتغذي من محطة فوتوفلتية



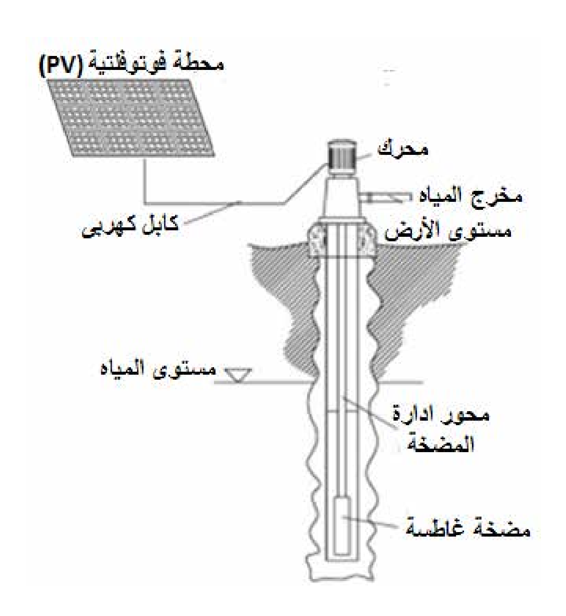
شكل (6) محطة ضخ المياه بالطاقة الشمسية باستخدام مضخة سطحية



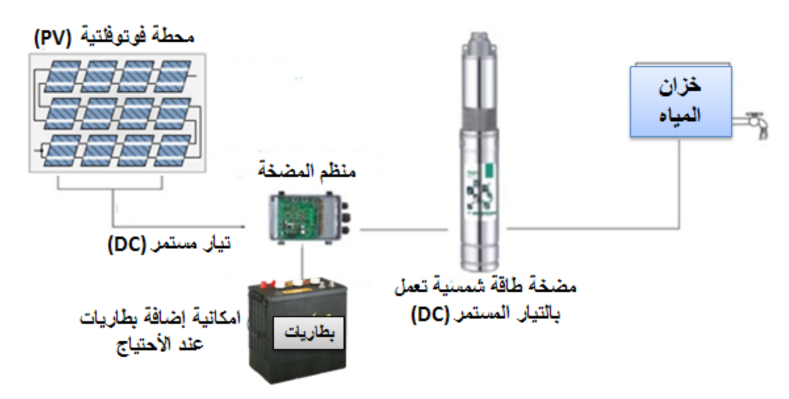
شكل (7) محطة ضخ المياه بالطاقـــــة الشمسية باستخدام مضخة غاطسة



شكل (8)
تمثيل مجموعة مضخة ومحرك غاطسة متعددة المراحل (طرد مركزى) مغذاة من محطة فوتوفلتية



شكل (9)
تمثيل مضخة غاطسة ومحرك مثبت على السطح مغذاة من محطة فوتوفلتية



شكل (10) محطة ضخ شمسية باستخدام مضخة غاطسة ومحرك يعمل بالتيار المستمر

ثانيا : المصفوفة الشمسية (solar array)

تعتمد على انتاج الطاقة الكهربائية عن طريق تحويل الإشعاع الشمسي إلى كهرباء مباشرة باستخدام مواد أشباه الموصلات (semiconductor) . الخلايا الكهروضوئية تستخدم الألواح الشمسية (panel / module) والتي تتكون من عدد من الخلايا الشمسية (cell) والتي تحتوي على مواد ضوئية. والمواد الضوئية المستخدمة لتكوين الخلايا الضوئية تشمل :

- السيليكون أحادي البلورة
- السليكون متعدد البلورة
- السيليكون غير المتبلور
- تلوريد الكادميوم
- الأنديوم سيلينيد الغاليوم-كبريتيد١

ونظرا للطلب المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة ، فإن تصنيع الخلايا الشمسية والخلايا الكهروضوئية قد تطور كثيرا في السنوات الأخيرة.

ويوضح جدول (4) مكونات المصفوفة الشمسية

جدول (4) مكونات المصفوفة الشمسية

المكون	التعريف
وحدة خلية فوتوفلتية (PV cell)	عبارة عن معدة من مواد شبه موصلة وحساسة ضوئيا وتقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء، هذه المعدة محاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء
موديول (Module)	مجموعة من الوحدات الفوتوفلتية تجمع وتوصل معا على التوالي
لوحة (panel)	مجموعة من الموديول تجمع وتوصل معا على التوالي للحصول على قيمة القوي الدافعة الكهربية اللازمة
المصفوفة (Array)	الشكل النهائي للمسطح المكون من مجموعة من الألواح تجمع وتوصل معا على التوازي للحصول على الطاقة الكهربائية. والتى يراعى عند تركيبها أن تحقق زوايا ميول وتوجيها نحو الشمس وعدم تعرضها للظلال طوال فترة سطوح الشمس

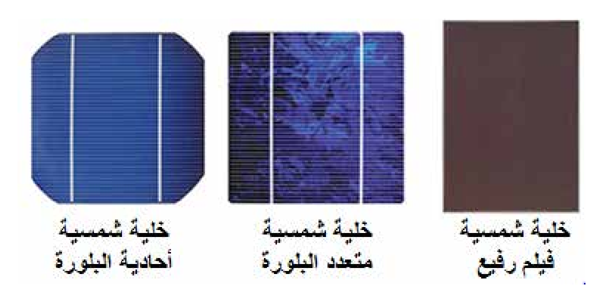
أنواع ألواح الطاقة الشمسية

تختلف خصائص الألواح الشمسية أو الخلية الشمسية حسب نوعيتها ومن أهم هذه الخصائص الكفاءة ، يمكن أن تقسم الألواح الشمسية إلى ثلاثة أنواع شهيرة شكل (11)هى :

- لوح شمسي أحادى البلورة (Mono-crystalline) و يعتبر الأفضل من ناحية الكفاءة.
- لوح شمسي متعدد البلورة (poly-crystalline) أقل كفاءة إلا أنه أقل ثمنا.
- لوح شمسي فيلم رفيع (thin film) يتميز بمرونة و سهولة في التركيب إلا أن كفاءته أقل مقارنة بالأنواع الأخرى

يوضح شكل (12) جزء من موديول أو لوح شمسى وتمثيل الخلية الشمسية به

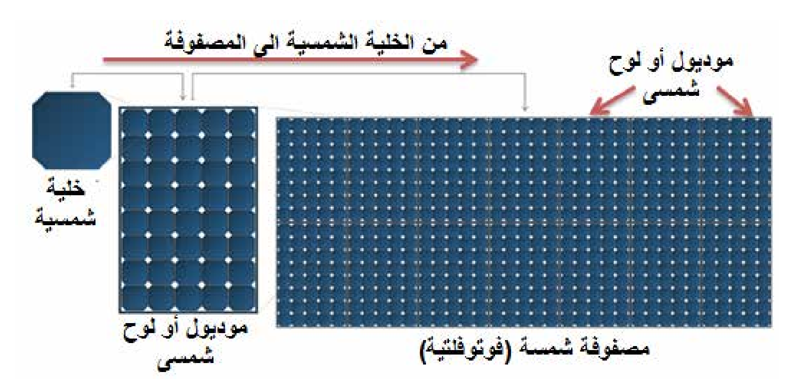
ويوضح شكل (13) مكونات المصفوفة الشمسية من الخلية وموديول الشمس



شكل (11) أنواع الخلايا الشمسية



شكل (12) موديول او لوح شمسى



شكل (13) مكونات المصفوفة الشمسية من الخلية وموديول الشمسى

فيما يلى تعريف المتغيرات المستخدمة لوصف خصائص الخلايا الشمسية :

قدرة الموديول (Maximum Power at STC) (Pmax)

هى أقصى قدره يستطيع الموديول انتاجها والتى تختلف من موديول لآخر منها 100 وات او 150 وات او 200 وات ..... إلخ وكلما زادت هذه القدرة زاد مقاس الموديول , يوضح شكل (14) أمثلة لموديولات شمسة .

جهد التشغيل المثالي (Optimum operating Voltage) (Vmp)

هو جهد الموديول في حالة الشحن أو وجود حمل ويمكن من خلاله معرفة نظام الموديول إذا ما كان يعمل علي جهد 12 فولت أو 24 فولت إذا كان نظام الموديول 12 فولت تكون هذه الفولتية 17 فولت أو 18 فولت أوتحدد حدودها حسب الشركة المصنعة , وفي نظام 24 فولت تكون هذه الفولتية في حدود 30 فولت

تيار التشغيل المثالي (Optimum Operating Current) (Imp)

هو أقصى قيمة تيار ينتجها الموديول في حالة وجود حمل أو في حالة الشحن ويعتمد علي عدة عوامل منها مقدار المقاومة أو السحب وكذلك وجود الشمس وموضعها بالنسبة للموديول.

جهد الدائرة المفتوحة (Open Circuit Voltage) (Voc)

هو الجهد بين طرفي الموديول (الموجب والسالب) في حالة عدم وجود حمل أو شحن علي الموديول وهو جهد الموديول في الحالة الطبيعية.
أى هو الفولت الذى تعطية الخلية الشمسية عندما لا يمر تيار فى الدائرة ، وهو أقصى فولت تعطية خلية شمسية . فولت 0.9 و0.5 بين الجهد لخلية السيليكون ، نموذجيا يتراوح الجهد بين 0.9 و0.5 ڤولت.

تيار دائرة القصر (Short Circuit Current) (Isc)

هو أقصى تيار يمكن أن يصل لها الموديول في حالة عدم وجود حمل أو حمل بقيمة قريبة من الصفر ويعتبر من المقاييس أو الاختبارات المهمة للتعبيرعن جودة الموديول. أى يعتبر هو التيار المار فى الخلية الشمسية إلى دائرة خارجية بدون حمل (أو بدون مقاومة) , وهو أقصى تيار تستطيع خلية شمسية إنتاجه من الاشعاع الشمسى , وغالبا يتناسب مع الاشعاع الشمسى

كفاءة الموديول (Module Efficiency)

تعرف كفاءة تحويل الطاقة للخلية الشمسية بأنها النسبة المئوية للقدرة المحولة من الضوء الممتص ، عندما تكون الخلية الشمسية متصلة بدائرة كهربائية وهى تعبر عن كفاءة الخلية الشمسية وكلما زادت زادت كفاءة الموديول والتى تساوى
(القدرة الكهربائية المولدة (وات) / (مدخل إشعاع الضوء (وات/ م2) *(مساحة سطح الخلية الشمسية (م2) للخلايا الشمسية التى كفاءتها تتراوح بين 16%-11 تعنى أن إمتصاص الخلايا من الإشعاع القادم من الشمس و الذى يبلغ $1000w/m^2$ و ذلك فى يوم مشمس بالقرب من خط الإستواء ، فإن المتر المربع الواحد من هذه الخلايا يمتص الإشعاع طبقاً لهذه الكفاءة يتيح ما بين 110-160W .

درجة حرارة تشغيل الموديول (Operating Module Temperature)

وتعبر عن درجة حرارة التشغيل التي يمكن للخلايا الشمسية العمل عندها.

أقصى جهد للنظام (Maximum System Voltage)

ويعبرعن جهد النظام التي يمكن أن يضاف له موديول بحيث لا يتعدى النظام إجمالاً هذا المقدار.

أقصى مقنن لمصهر التوالى (Maximum Series Fuse rating)

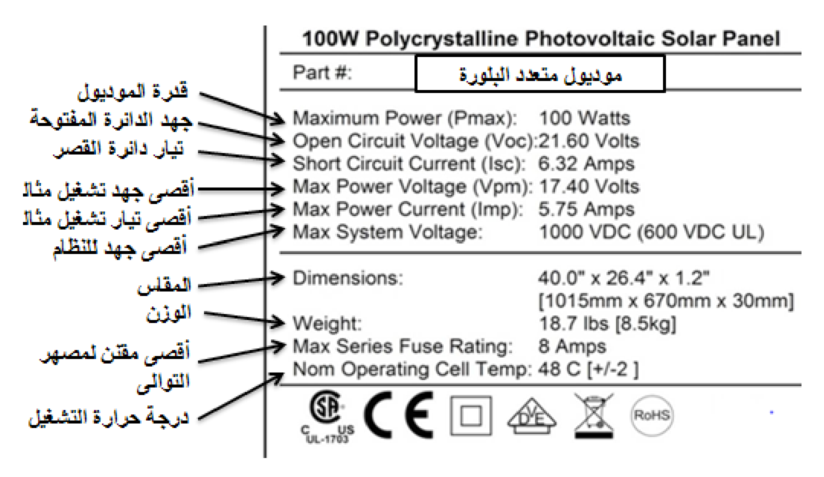
ويعبرعن أقصى تيار حماية للمصهروالذي يتحملة الموديول وإذا زاد يمكن أن يوثر علي الخلايا الشمسية.
تقاس القدرة المقننة للخلية (Wp) بوحدة «وات» عند شروط الإختبار القياسى
Standard Test Conditions (STC) وهى :

- قيمة أقصى إشعاع شمسى متعامدا و لحظياً يساوى $1000W/m^2$
- AM 1.5 وهى تعنى كثافة الهواء (Air Mass) (AM) و تشير إلى كيفية إنتقال الضوء خلال الغلاف الجوى للأرض
- درجة حرارة الخلية (cell temperature) يتم الإختيار عند Tc=25ºC

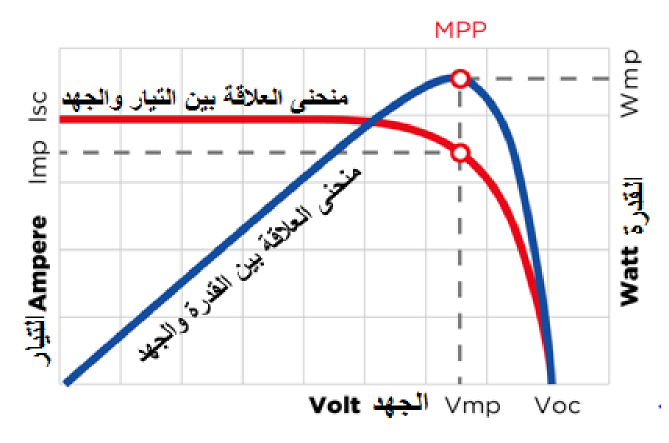
ويبين شكل (15) لوحة بيان موديول 100Wp
يوضح شكل (16) خصائص الخلية الشمسية
يوضح شكل (17) وجدول (5) مثال لموديولين متساوين فى المساحة وخصائصهما
يوضح جدول (6) المتغيرات الفنية لبعض الموديولات الشمسية ذات قدرات مختلفة والتى يتضح منها أنه كلما زادت القدرة زادت كفاءة الموديول



شكل (14) أمثلة لموديولات شمسة



شكل (15) لوحة بيان موديول 100Wp



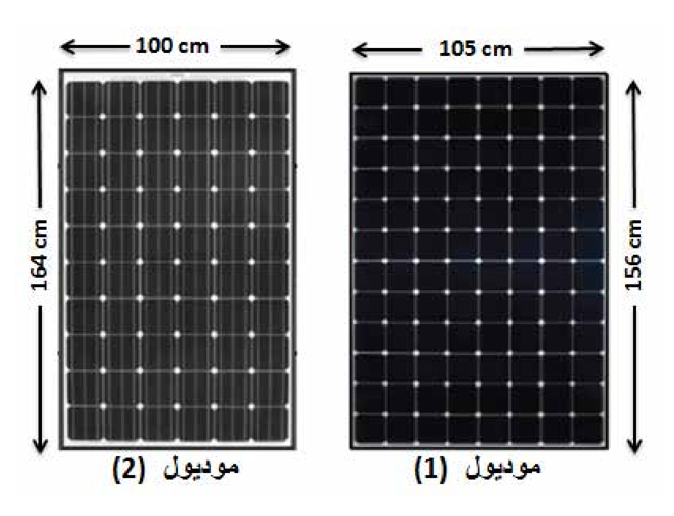
شكل (16) خصائص الخلية الشمسية

جدول (5) خصائص النموذجان بشكل (17)

الخصائص	موديول (1)	موديول (2)
القدرة	345 W	280 W
المساحة	1.64 m²	1.64 m²
عدد الخلايا	96	60
القدرة/المساحة	210 W / m²	171 W / m²
الكفاءة	21.5 %	17.1 %

جدول (٦) المتغيرات الفنيه لبعض الموديولات الشمسية

المتغيرات الفنية	النوع (1)	النوع (2)	النوع (3)	النوع (4)	النوع (5)
Pmax	260Wp	265Wp	270Wp	275Wp	280Wp
Vmp	31.10V	31.40V	31.70V	32.00V	32.30V
Imp	8.37A	8.44A	8.52A	8.61A	8.69A
Voc	38.10V	38.60V	38.80V	39.10V	39.40V
Isc	8.98A	9.03A	9.09A	9.15A	9.20A
الكفاءة	15.89%	16.19%	16.50%	16.80%	17.11%
درجة حرارة تشغيل الموديول	-40^0 C : + 85^0 C				
أقصى جهد للنظام	1000VDC (IEC)				
سماحية القدرة	+3 % : 0.0				



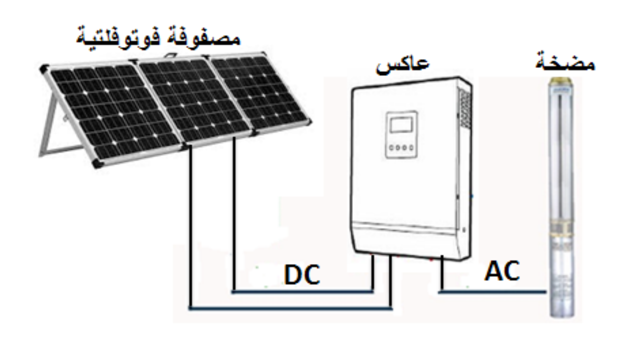
شكل (17) مثال لموديولين متساوين فى المساحة

ثالثا : عاكس تيار مستمر/ تيار متردد لمضخة شمسية (solar pump DC/AC inverter)

حيث أن شدة الاشعاع الشمسي متغيرة خلال فترات النهار فإن ذلك يؤدى إلى تغيير سرعة المضخة التي تعمل بالطاقة الشمسية علي مدار اليوم. ومن هنا ظهر الاحتياج إلى وسيلة أو معدة لها المقدرة علي التحكم في سرعة مضخات التيار المتردد (AC) من لحظة تشغيلها في الشروق إلى لحظة إيقافها في الغروب مروراً بفترة تشغيلها العادي أثناء النهار.

العاكس هو معدة لتحويل التيار المستمر(DC) إلى تيار متردد بغرض تغذية محرك المضخة بجهد متردد(AC) كما فى شكل (18). تبدأ القدرات المتاحة للعاكسات من حوالى 1 الى 300 ك و، وذلك يغطى معدلات تدفق للمياه تصل الى 450 متر مكعب فى الساعة .

فى حالة استخدام مضخة تعمل بمحرك تيار متردد فى هذه الحالة يحتاج النظام إلى وجود عاكس لتحويل التيار المستمر (الناتج من الألواح الشمسية) إلى التيار المتردد.



شكل (18) تمثيل عاكس تحويل التيار المستمر إلى تيار متردد

عمل عاكس المضخة الشمسية :

التحكم في بدء تشغيل المحرك عن طريق رفع قيمة الجهد والتردد تدريجياً من الصفر حتى يصل إلى السرعة الأولية المبرمجة أو السرعة المرجعية (Reference Speed) في خلال فترة زمنية تعرف بوقت التسارع (Acceleration Time) والذى يكون محددا ومبرمجاً مسبقاً .

يقوم بايقاف المحرك من خلال خفض قيمة الجهد والتردد تدريجياً عن القيمة المضبوط عليها لحظة طلب الإيقاف حتى يصل إلى الصفر في خلال جزء من فترة زمنية تعرف بوقت التباطؤ (Deceleration Time) والذى يكون محددا ومبرمجا مسبقاً.

العواكس المخصصة للمضخات بقدرة أقل من 2 حصان عادة يكون فيها مخرج التيار أحادي الوجه (single phase) ، بينما العواكس المخصصة للمضخات بقدرة أكبر من 2 حصان لها مخرج تيار متردد ثلاثي الوجه (three phase).

أغلب الأنواع الحديثة لعواكس المضخات الشمسية يوجد بها مداخل مجهزة لكل من الديزل و الكهرباء من الشبكة العامة ، وذلك للحصول علي نظام هجيني يعمل كمصدر احتياطي للطاقة بالاضافة إلى الطاقة الشمسية .

ويكون مخرج العاكس تيارله تردد متغير يبدأ من 0.0 إلى 60 هارتز طبقا لشدة الاشعاع الشمسى اللحظى .

ويزود العاكس بعنصر بداية تشغيل ناعم (soft starter) ويكون عمله التقويم الناعم للمحركات ذات القدرات الكبيرة والمتوسطة بغرض تقليل تيارتشغيل البداية (والذي يكون عالياً عند التشغيل المباشر للمحرك) من خلال كونتاكتور ولرفع سرعة الحمل تدريجياً من الصفر حتى السرعة القصوى. وهذه الخاصية تغني عن استخدام عاكس بقدرة كبيرة ليتحمل تيار البداية الكبير (Surge) الذي يحدث في بداية تشغيل المحركات الحثية (induction motors) .

الخصائص الكهربائية للعاكس:

- **أقصى قدرة (PEAK POWER)**

والتى تعرف أيضا بالتيارالاندفاعى (Surge) وهى من أهم خصائص العاكس التي تفيد عند اختياره . و تعبر عن القدرة القصوى التي يمكن أن يتحملها العاكس في وقت محدد يتراوح عادة بين بضع ثوان و يصل إلى 15 دقيقة.

من خصائص المحركات أنها تسحب قدرة كهربائية عالية عند بداية تشغيلها. لذلك عند استخدام عاكس لتشغيل. محرك فيجب أن يختار العاكس له أقصى قدرة مساوية أو أكبر من القدرة التي يسحبها المحرك عند بداية تشغيلة وكذلك يجب أن تكون الفترة الزمنية لأقصى قدرة للعاكس أطول من فترة أقصى قدرة للمحرك عند تشغيلة.

- **القدرة النموذجية (TYPICAL POWER)**

تمثل متوسط القدرة الكهربائية أثناء الاستعمال العادي و المتواصل للأجهزة المستهلكة لكهرباء التيارالمتردد وتختار قيمة القدرة النموذجية للعاكس مساوية أو أكبر مع قدرة محرك المضخة أثناء الاستعمال المتواصل (و ليس أثناء بداية التشغل).

- **القدرة المتوسطة (AVERAGE POWER)**

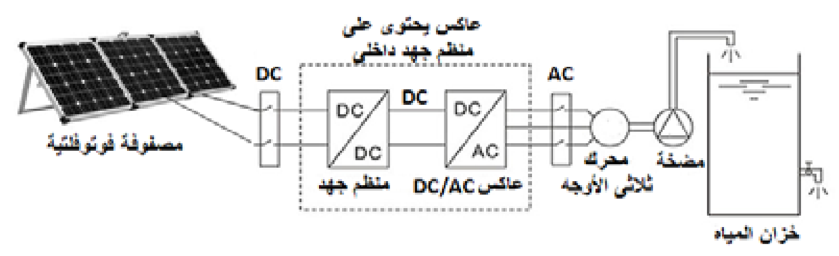
متوسط قدرة العاكس مقارنة بالوقت الذي يستعمل فيه. أي أن لهذه القيمةعلاقة بالوقت الذي تعمل فيه الأجهزة المستهلكة. كلما زادت فترة الاستعمال زادت القدرة الكهربائية المتوسطة اللازمة (هذه الخاصية لا تستعمل عند اختيار العاكس المناسب).

- **أقصى جهد مستمر**

يعبر عن أقصى جهد مدخل مستمر والذي يمكن للعاكس أن يتحمله. في حالة نظام الطاقة الشمسية المتصل بالشبكة العامة للكهرباء يجب ألا يتجاوز جهد الدائرة المفتوحة الإجمالي قيمة أقصى جهد مستمر للعاكس.أما في حالة النظام المستقل عن الشبكة عندئذ فلا يجب أن يتجاوز الجهد الإجمالى للبطاريات هذه القيمة

- **منظم الشحن الشمسى (solar charge controller)**

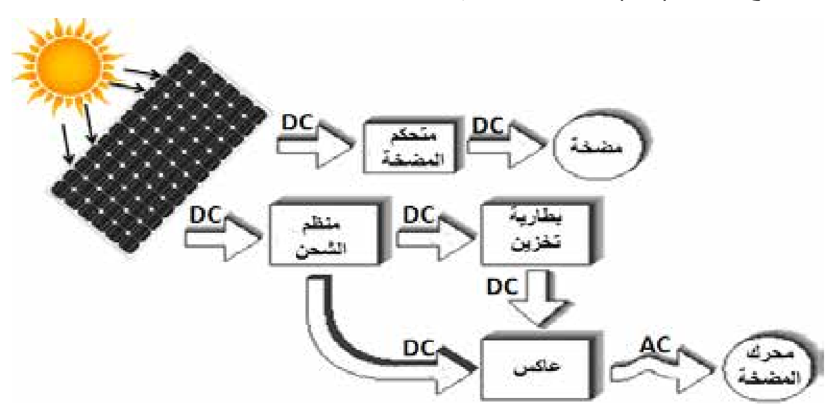
معظم العاكسات المستخدمة مع المضخات تكون من النوع ثلاثى الأوجه ومعظمها تحتوى على منظم جهد داخلى وتحتاج أيضا إلى دائرة كهربائية بسيطة بها بعض الحمايات لوقاية المحرك والمضخة ضد التلف فى حالة حدوث حمل زائد قد ينتج عن سدد فى المواسير أو دخول بعض الشوائب داخل المضخة أو جفاف المياه . يوضح شكل (19) تمثيل عاكس يحتوى على منظم جهد داخلى .



شكل (19) تمثيل عاكس يحتوى على منظم جهد داخلى

- **منظم الشحن الشمسى (solar charge controller)**

هو جهاز إلكتروني يقوم بتنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الخلايا قبل مروره إلي البطاريات والصادر من البطارية إلى الحمل الكهربائي وذلك للمحافظة على البطاريات المستخدمة والتأكد من شحنها واستخدامها بصورة أمثل. ويوضح شكل (20) وظائف منظم الشحن الشمسى



شكل (20) وظائف منظم الشحن الشمسى

- **وظائف منظم الشاحن الشمسي**
- تنظيم شحن البطاريات (بهدف الحفاظ علي عمر البطاريات) أى السماح بالشحن الكامل مع عدم الوصول إلى حالة الشحن الزائد.

مثلاً عند استخدام بطاريات من نوع الجل (Lead Acid Gel) من المعلوم أنه عند جهد 12.85 فولت يعني وصول البطارية للشحن بنسبة 100%، لذا يقوم المنظم بالآتى :

- عملية شحن سريع حتي الوصول إلي جهد 12.60 فولت (75% نسبة شحن)
- ثم بعدها تتناقص تدريجيا سرعة الشحن بصرف النظر عن التيار المنتج من الموديول حتي الوصول إلي الجهد 12.85 فولت (شحن كامل) ، عندئذ تتوقف عملية الشحن تماما
- يتم فصل التيار المنتج من الموديول

- **تنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الموديول قبل وصوله إلي البطاريات**

مثلا من المعلوم أن قدرة الموديول القياسية 250-265 وات ، وجهد الدائرة المفتوحة Voc=37.5، وعند توصيل عدد 2 موديول علي التوالي يصبح الجهد المنتج من الموديولين 75 فولت، ويكون المطلوب شحن مجموعة بطاريات 48 فولت (تتكون من 4 بطاريات متصلة على التوالى جهد كل بطارية 12 فولت)،عندئذ يقوم منظم الشحن بتخفيض الجهد لشحن البطاريات من 51 الي 75 فولت هذه الوظيفة الأساسية للمنظم والتى تؤدي إلي الحفاظ علي البطارية.

أنواع منظمات الشحن

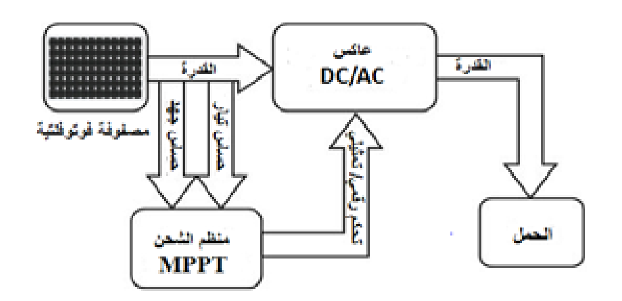
منظم الشحن PWM (Pulse-width modulation)

يقوم المنظم بارسال التيار الكهربائي إلى البطارية على شكل نبضات كهربائية (pulses) ثم يقوم بتعديل عرض النبضات وفقا لحجم التيار الكهربائي المخزن في البطارية. وعيب هذا النوع أنه يقوم بخفض الجهد مع الإبقاء علي نفس قيمة التيار.

منظم الشحنMPPT (Maximum Power Point Tracking)

يشير المسمى إلى طريقة عمل المنظم ، وهو تتبع نقطة أقصى قدرة ، وهو عبارة عن محولات تيار كهربائي DC / DC يقوم بتمرير التيار الكهربائي على شكل نبضات مثل النوع PWM ولكن يمتاز عنه بالقدرة على الاستغلال الأمثل للتيار الكهربائي المنتج من الموديول لأنه يقوم بخفض الجهد مع رفع تيار الشحن.

ويوضح شكل (21) دائرة منظم الشحن MPPT



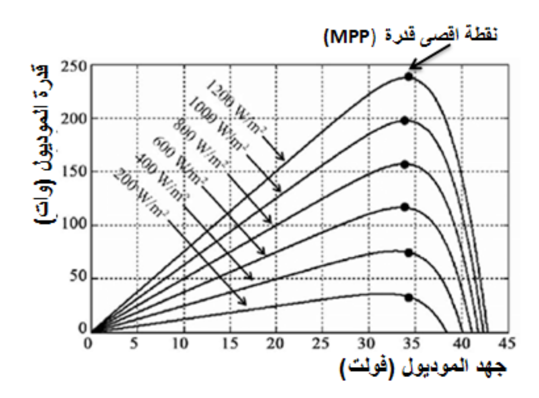
شكل (21) دائرة منظم الشحن MPPT

نقطة أقصى قدرة تتبع (MPPT)

تعرف بخوارزمية متضمنة في وحدة تحكم الشحن المستخدمة لاستخراج أقصى قدرة متاحة من الموديول الشمسى تحت ظروف معينة. ويسمى موضع الجهد الذى عنده ينتج الموديول أقصى قدرة بـ (نقطة أقصى قدرة) (أو جهد ذروة القدرة). تختلف أقصى قدرة تبعا لاختلاف شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة ودرجة حرارة الخلايا الشمسية. يوضح شكل (22) تغير نقطة أقصى قدرة مع شدة الاشعاع الشمسى.

ينتج الموديول الشمسى النموذجي قدرة مع أقصى جهد كهربائي يبلغ حوالي 17 فولت عند قياسه عند درجة حرارة 25 درجة مئوية ، ويمكن أن تنخفض إلى حوالي 15 فولت في يوم حار جدًا ، ويمكن أن ترتفع أيضًا إلى 18 فولت في يوم شديد البرودة

أى أن الـ MPPTهو عاكسDC / DC والذي يعمل عن طريق أخذ مدخل DC من الموديول الشمسى ، وتحويله إلى AC ثم تحويله مرة أخرى إلى تيار وجهد DC مختلف لمطابقة وموائمة الموديول إلى البطارية.



شكل (22) تغير نقطة أقصى قدرة مع شدة الاشعاع الشمسى

كيفية عمل MPPT؟

يتمثل المبدأ الرئيسي لعمل الـ MPPT في استخراج الحد الأقصى من القدرة المتاحة من الموديول الشمسى بجعلها تعمل عند أكثر جهد كفاءة (أقصى نقطة للقدرة). وهذا يعني أن MPPT يتحقق من مخرج موديول PV ، ويقارنه بجهد البطارية ، ثم يتأكد من أى أفضل قدرة يمكن لموديول PV أن ينتجها لشحن البطارية وتحويلها إلى أفضل جهد للحصول على أقصى تيار من البطارية. ويمكنه أيضًا تغذية حمل DC ، والذي يتم توصيله مباشرة بالبطارية.

الظروف الأكثر فعالية لعمل MPPT

الطقس البارد : عادةً ، تعمل المديولات بشكل أفضل في درجات الحرارة الباردة ويتم استخدام MPPT لاستخراج أقصى قدرة متاحة منها.

عندما يتم تفريغ البطارية بشكل عميق: يمكن لـ MPPT استخراج المزيد من التيار وشحن البطارية وذلك في حالة انخفاض حالة الشحن في البطارية.

المميزات الرئيسية للتحكم بمنظم الشحن الشمسي MPPT

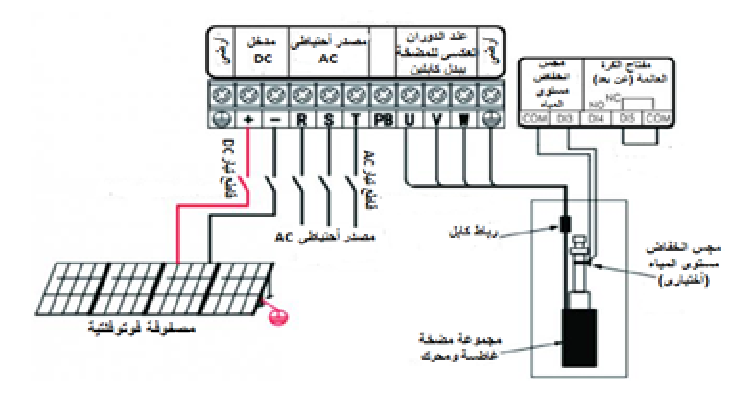
- في التطبيقات التي تكون خلايا PV هي مصدر الطاقة الكهربائية ، يستخدم منظم تتبع اقصى نقطة قدرة لتصحيح التغير في خصائص التيار - الجهد للخلية الشمسية بمنحنى I-V
- يكون منظم تتبع أقصى نقطة قدرة (MPPT) ضروري لأي أنظمة طاقة شمسية تحتاج للحصول على أقصى قدرة من الخلايا الشمسية . لأنها تدفع الخلايا لتعمل عند جهد بالقرب من الحد الأقصى للقدرة ، وبذلك يمكن سحب أقصى قدرة متاحة
- يسمح منظم MPPT للمستخدمين باستعمال الخلايا الشمسية عند أعلى مخرج جهد والذى يكون أكبر من جهد تشغيل نظام البطارية. على سبيل المثال ، إذا كان وضع الخلايا الشمسية بعيدًا عن منظم الشحن والبطارية ، عندئذ يكون مقاس سلك التوصيلات كبيرًا جدًا لتقليل انخفاض الجهد. بينما مع وجود منظم MPPT ، فيمكن للمستخدمين توصيل سلك لموديول خلايا شمسية جهد 24 أو 48 فولت (حسب وحدة تحكم الشحن وموديولات (PV) والحصول على قدرة لنظام بطارية 12 أو 24 فولت. وهذا يعني أنه امكن تخفيض مقاس السلك المطلوب مع الاحتفاظ بالمخرج الكامل للخلايا الشمسية
- يقلل منظم MPPT من تعقيدات النظام في حين أن مخرج النظام يكون ذو كفاءة عالية. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن تطبيقها للاستخدام بالمزج مع مصادر الطاقة الأخرى . لذا يتم استخدام قدرة مخرج PV للتحكم المباشر في عاكس DC-DC
- يمكن تطبيق منظم MPPT مع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل توربينات المياه الصغيرة ، توربينات طاقة الرياح ، إلخ.

منظم الشحن المدمج مع العاكس (Built In)

أن منظم الشحن المدمج مع العاكس يتم برمجته لتكون الأولوية للحمل الكهربائي قبل شحن البطاريات (Solar Priority) وهذه الخاصية لها مميزات اساسية و هامة مقارنة بمنظم شحن منفصل عن العاكس ، حيث يلاحظ الآتى :

- في المنظم المنفصل يقوم المنظم بشحن كل الطاقة القادمة من الموديولات في البطاريات بصرف النظر عن الأحمال الكهربائية اللحظية، ثم يقوم العاكس بالحصول علي كل الطاقة المطلوبة من البطاريات أيضا. هذه الطريقة تؤدي إلي دورات مستمرة من شحن و تفريغ البطاريات حتي أثناء النهار ، و بالتالى تقصير في عمر البطارية فإذا كان عمرها مثلا 2000 دورة في النوعية الجل ، و فإنها تستهلك 2-4 دورة في اليوم الواحد
- عند استخدم خاصية الـ (Solar Priority) الموجود في المنظم المدمج فإن العاكس يحصل علي احتياجات الأحمال للكهرباء من الموديولات اولا مع عدم المرور علي البطاريات ، ويتم استخدام البطاريات فقط عند وجود عجز فى الطاقة. هذه الطريقة تؤدي إلي إطالة عمر البطارية حيث أن عملية التفريغ تتم فقط أثناء الليل و لا تكون البطاريات مهلكة في دورات مستمرة من الشحن و التفريغ نهارا و ليلا دون احتياج عملية الشحن و التفريغ للبطاريات و تحويل الطاقة الكهربائية إلي طاقة كيميائية داخل البطارية و إعادة تحويلها إلي طاقة كهربائية مرة أخري يتسبب في فاقد للكهرباء يصل الي30% ، وفي حال استخدام منظم شحن مدمج مع العاكس و يعمل بنظام (Solar priority) يتم تلافي هذا الفاقد أثناء النهار إلي حد كبير، حيث تتحول القدرة الكهربائية (DC) المنتجة من المديولات إلي قدرة (AC) مباشرة ، تقتصر عملية شحن البطاريات علي فائض انتاجية الموديولات و يتم استهلاك هذه القدرة في الليل فقط

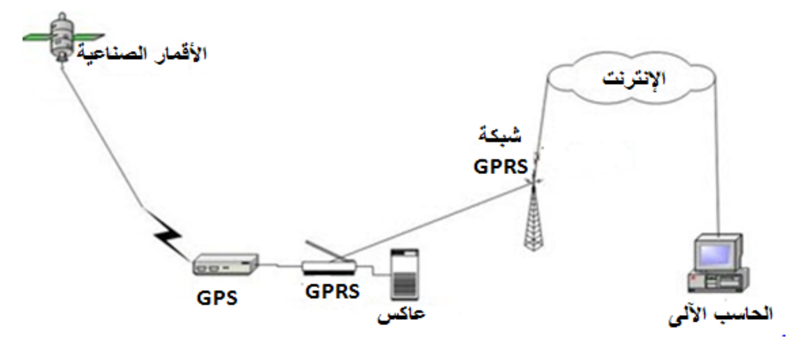
يبين شكل (23) توصيل منظم شحن ومصفوفة فوتوفلتية ومضخة غاطسة



شكل (23) توصيل منظم شحن ومصفوفة فوتوفلتية ومضخة غاطسة

المراقبة عن بعد

تحتوي بعض العاكسات على خدمة حزمة الراديو العامة (GPRS) (General Packet Radio Service) ونظام تحديد المواقع العالمي(GPS) (Global Positioning System) التي يمكن للمستخدمين من خلالها مراقبة نظام الضخ الشمسى بالكامل عبر الانترنت من أي مكان من خلال نظام المراقبة عن بعد للحاسب الآلى. والذى يمكنة تلقائياً حساب سرعة التدفق الحالية، والتدفق في اليوم ، والطاقة الحالية ، وإجمالي الانتاج ، والمزيد من متغيرات الحالة لنظام الضخ الشمسي. ويوضح شكل (24) المراقبة عن بعد من خلال العاكس



شكل (24) المراقبة عن بعد من خلال العاكس

مثال لعاكس مضخه مياه تعمل بالطاقة الشمسية

يوضح شكل (25) هذا النوع ، وفيما يلى خصائصة

تتلخص فكرة عمل العاكس فى

- تحويل الطاقة الناتجه من الإشعاع الشمسي (DC) إلى طاقة ميكانيكية لإدارة المحرك وضخ المياه عند معدل سريان محدد للارتفاع .
- نظام مراقبة لاسلكي متاح للتحكم عن بعد .



شكل (25) مثال لعاكس مضخه مياه تعمل بالطاقة الشمسية

خصائص عامة

- متاح بقدرات من0.75kw حتى250kw
- يحتوي على تحكم في المضخة (إختياريا)
- إمكانية البرمجه للتحكم في مستوى مياه الخزان والحماية ضد تشغيل المضخه في حالة جفاف المياه
- تسجيل الطاقة الكلية المنتجه من الخلايا الشمسيه (kwh)

التحكم الذكي في المضخه

- بداية/ توقف أتوماتيكي لمحرك المضخه على أساس شدة أشعة الشمس.
- تأخير زمني لإعادة بداية التشغيل الآلي المنطقي لأنظمة الري بالتنقيط.
- التحكم في تخفيض عزم تشغيل المضخة

نظام التحكم في تتبع نقطة أقصى قدرة

- تتيح هذه الخاصية تتبع نقطة أقصى قدرة (MPPT) للحصول على أفضل مخرج قدرة متاحة من الخلايا الشمسية والوصول إلى أقصى أداء للمضخة طوال اليوم، بينما التحكم في البداية والتوقف اعتمادا على أشعة الشمس يوفر الوقود والمال خلال ساعات النهار
- الاستخدام الأمثل لطاقة الخلايا الشمسية
- التحكم والتغير في مخرج العاكس حسب طلب وإتاحية القدرة من ضوء الشمس

حساس مستوى المياه

للآبار المحفورة (bore wells)

يعمل على إيقاف ضخ المياه عندما ينخفض مستوى المياه عن بداية المستوى ، ويبدأ في ضخ المياه عندما تكون المياه أعلى من مستوى البداية. وهذا يحمي المحرك أتوماتيكيا

للخزانات العلوية (overhead tank)

يعمل على إيقاف ضخ المياه عندما يرتفع مستوى المياه عن أعلى بداية مستوى ، ويبدأ في ضخ المياه عندما ينخفض مستوى المياه عن مستوى البداية

البيانات التي تراقب وتسجل

القدرة المنتجة

سرعة المحرك (هرتز)

تيار المحرك (أمبير)

جهد الخلايا الشمسية (VDC)

يوضح جدول (7) مخرج عاكس240V/200V (AC)

ويوضح جدول (8) مخرج عاكس380V/480V (AC)

جدول (7) مخرج عاكس240V/200V (AC)

تيار الخرج (Amp)	قدرة محرك المضخه (kw)
1.2	0.2
5	0.55
6	1.1
9.6	2.2
12	3.0

(www. Hitachi- hirel.com)

جدول (8) مخرج عاكس380V/480V (AC)

تيار المخرج (A)	قدرة محرك المضخة (kw)	تيار المخرج (A)	قدرة محرك المضخة (kw)
2.1	0.75	57	30
4.1	1.5	70	37
5.4	2.2	85	45
6.9	3	105	55
8.8	4	135	75
11.1	5.5	160	90
17.5	7.5	195	110
23	11	230	132
31	15	290	160
38	18.5	370	185
		440	250

(www. Hitachi- hirel.com)

رابعا : مجموعة بطاريات الطاقة الشمسية

تستخدم لتخزين احتياطى للطاقة الشمسية المنتجة من الألواح الشمسية والتى يجب أن تتصف بأنها ذات دورة عميقة ، وتوصف بالمتغيرات الآتية :

- الجهد ويقاس بالفولت (24V أو 12V)
- التيار ويقاس بالأمبير (Amp)
- القدرة وتقاس بالوات (Watt)

يتم الإشارة إلي سعة البطارية بقيمة التيار(الأمبير) في الساعة (Ah) (Amps-Hours) مثلا سعة بطارية 12V / 200Ah فإن هذا نظريا يعني أنه يمكن الحصول منها على قدرة تساوى 12*200 وات اي 2400 وات، و لكن عمليا لا يمكن تفريغها بنسبة أكثر من 50% أي تعطي سعة تخزينية 1200 وات فقط. (يمكن أن يصل تفريغ بطاريات الدورة العميقة إلى 80% من سعتها)

يوجد نوعين شائعين من بطاريات الطاقة الشمسية وهما

بطارية الرصاص المغمورة (FLA – Flooded Lead Acid)

تكون ألواح الرصاص مغمورة تماما بسائل قابل للتأين الكهربي. والذى يجب تغييره كل فترة معينة . هذا النوع هو الأقدم و الأكثر استعمالا و تتراوح قدرتها بين100&500 AH وعمرها قد يصل إلى 10 سنوات.

بطارية غير المغمورة (VRLA – Valve Regulated Lead Acid)

هذا النوع شبيه بالنوع الأول إلا أنه لا يتم تغيير السائل بداخله. وتقريبا لا تحتاج إلي صيانة كما أنها تطلق كمية مهملة من غاز الهيدروجين مما يجعلها أسهل في النقل و التركيب ولا يعتبر التعامل معها فيه شيء من الخطورة.

و يوجد منها ثلاثة أنواع رئيسية وهي :

- Wet في هذا النوع تقوم البطارية بعمل ما يقرب من 500 عملية تفريغ عميقة لحوالى 50%من شحنتها وهو نوع اقتصادي
- (Absorbed Glass Mat)(AGM) وهو سائل قابل للتأين الكهربي تم امتصاصه في حصيرة اسفنجية
- GEL عبارة عن رصاص مغمور في سائل تم تحويله إلي ما يشبه الجيلي أي انه أصبح أقل ميوعة وأكثر تماسك.هذا النوع هو الأفضل والأكثر كفاءة وعمره الافتراضي أكبر. كما أنه يستطيع أن يقوم بعمل دورة تفريغ عميقة قد يصل فيها إلي تفريغ 60% من الشحنة الموجودة بها

يوضح جدول (9) خصائص بعض أنواع البطاريات المستخدمة كأنظمة تخزين

ويبين شكل (26) بعض أنواع البطاريات المستخدمة كأنظمة تخزين

جدول (9) خصائص بعض أنواع البطاريات المستخدمة كأنظمة تخزين

Lithium ليثيوم	Sealed Lead Acid حمض الرصاص المحكم	Flooded Lead Acid حمض الرصاص المغمور
- أعلى تكلفة - عمر تشغيل أكبر من 10 سنوات - لا تحتاج صيانة ولا تهوية - أعلى كفاءة ، أسرع شحن سعة استخدام عالية (أعمق تفريغ)	- أكثر تكلفة - عمر تشغيل من 3-5 سنوات - لا تحتاج صيانة ولا تهوية	- الأقل تكلفة - عمر تشغيل من 5-7 سنوات - تحتاج صيانة - تحتاج تهوية خارجية للتخلص من غاز الهيدروجين



شكل (26) بعض أنواع البطاريات المستخدمة كأنظمة تخزين

خامسا : مواسير الآبار

عبارة عن وصلات تترواح بين 5 و 6 متر طولي ولا يوجد بها أي تطبيق أو انحناءات. وتكون المواد الأكثر شيوعا هو الصلب قليل الكربون (Low Carbon Steel) والحديد المجلفن (Galvanized Iron) واللدائن(PVC) ، بينما تكون الوصلات من القلاووظ أو اللحام حتى يتحقق المنع المائي وتستخدم المواسير المصنوعة من اللدائن (PVC) لتجنب حدوث مشاكل الصدأ والتآكل.

يوضح جدول (10) أنواع مواسير الآبار

ويوضح جدول (11) خصائص مواسير الآبار (نوع اللدائن)

ويبين جدول (12) خصائص مواسيرمصفاة البئر(صلب مجلفن)

يوضح شكل (27) بعض أنواع مواسير الآبار

جدول (10) أنواع مواسير الآبار

نوع المواسير	الوصف	الخصائص
مواسير الوقاية (Conductor Casing)	مواسير معدنية في الجزء العلوي من البئر وتثبت في البئر بالأسمنت وتساهم في حماية البئر من الملوثات السطحية	يعتمد تحديد عمق مواسير الوقاية علي خواص التكوينات الجيولوجية العلوية ، وعمقها ، وكمية الجريان السطحي المارة بموقع البئر ، ولا يقل هذا العمق عادة عن 15 متر. القطر الداخلي لماسورة الوقاية يجب أن يكون مناسبا لمرور عدة الحفر وحركتها داخله وهو أكبر من مواسير التغليف بـ 10cm تقريبا (حوالي 5cm فراغ).
مواسير بيت المضخة Pump Housing) (Casing	تستخدم لحماية المضخة ، وجدران حفرة البئر من الانهيار ، وحماية المواسير الناقلة للمياه من مأخذ البئر (منطقة سحب المياه).	تلائم المواسير بيت المضخة ، الوضع الراهن لمناسيب المياه والوضع المحتمل لإنخفاض منسوب المياه الجوفية ، وكذلك التداخلات التي قد تنتج عن تداخل مخاريط انخفاض ابار اخري او زيادة متطلبات الانتاج

نوع المواسير	الوصف	الخصائص
مواسير التغليف (الجزء العلوي) (Upper Well Casing)	مواسير مغلفة لجدران البئر تنزل حتي تصل إلي بداية الخزان المائي الجوفي ، تستخدم لحماية جدران البئر ومنعها من الانهيار و لحماية المواسير الناقلة للمياه من مأخذ البئر (منطقة سحب المياه).	يجب أن يكون قطر مواسير التغليف كبير يكفي لإحتواء الطلمبة مع وجود الفاصل الكافي الخاص بتركيبها وكفاءة عملها . يجب أن يكون القطر كبيرا ليحقق سرعة صاعدة للمياه 1.5 متر / الثانية او اقل
مصفاة البئر (Well Screen)	هى مواسير مثقبة ، تركب في الخزانات الجوفية ذات التكوينات غير المتماسكة أو شبة المتماسكة وذلك لمنع دخول الرواسب مع المياه ومنع إنهيار هذة التكوينات .	يتم تخريم المصافي بقطر 5/8 بوصة وأن يكون عدد الأخرام 144 خرم في القدم المربع. ويتم كسوة المصافي بالسلك الشبكي نوع الحصيرة نحاس مجلفن ويتم لحامه طوليا و عرضيا حول الماسورة . كما يجب أن لا يقل وزن1لتر مربع من السلك الشبكي عن 2.5 كجم ومن النوع المنتظم الأنسجة مجدولا جدلا جيدا
مصيدة الرمال (Sand Trap)	ماسورة سادة صماء غير مفرغة توجد أسفل المصافي حيث تتجمع بها الرمال أو أي حبات أخرى من مادة الخزان قد تنفذ من المصافي ويتراوح طولها بين 1 إلى 5 متر.	

جدول (11) خصائص مواسير الآبار (نوع اللدائن)

الخاصية	التوصيف
المادة المستخدمة	بولي كلوريد الفينيل (Unplasticized polyvinyl chloride upvc)
طول الوحدات	4-6m
السمك	2.0-30mm
الضغط	8-10bar

جدول (12) خصائص مواسيرمصفاة البئر(صلب مجلفن)

الخاصية	التوصيف
المواد المستخدمة	الفولاذ الصلب – الكربون الصلب
القطر الخارجى	89-2000mm
السمك	3-12mm



شكل (27) بعض أنواع مواسير الآبار

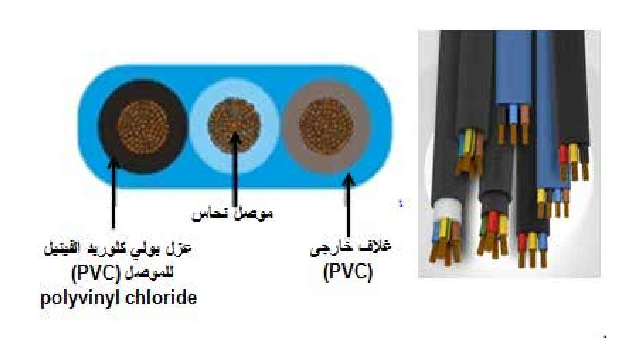
سادسا :كابلات التغذية الكهربائية

يتم تغذية محرك المضخة الغاطسة بالكهرباء من خلال كابل بين مخرج العاكس وحتى أسفل البئر. و هذا يعني استخدام كابل طويل ، ومن المعروف إن زيادة طول الكابل يؤدى إلى هبوط في الجهد عند نهاية الكابل، مسببا ارتفاع في التيار المسحوب والذى يمكن أن يؤدى لاحتراق ملفات المحرك ولتجنب هذه المشكلة يتم استخدام كابل ذى مقطع أكبر، ويفضل استخدام جداول الكابلات للشركات المصنعة للمضخات الغاطسة والتى من خلالها يتم اختيار المقطع المناسب لكابل التغذية حسب عمق البئر. تكون الكابلات الرئيسية المستخدمة في المضخات الغاطسة ثلاثية الأوجة بموصل دائرى (Core Round) أو مسطح (Flat) يوضح شكل (28) بعض أنواع كابلات المضخات الغاطسة.

يبين جدول (13) بيانات أحد الشركات كدليل لاختيار كابلات أحادية الوجه (ثلاثة موصلات) للمضخات الغاطسة، حيث يوصل الكابل مباشرة على خط التغذية (طريقة لبداية تشغيل المحرك)

يوضح ملحق (2) بعض جداول الكابلات لشركات مصنعة للمضخات الغاطسة .

يوضح جدول (14) مثال للبيانات الفنية لكابل3×240 2mm للمضخات الغاطسة



شكل (28) بعض أنواع كابلات المضخات الغاطسة

جدول (13) بيانات دليل اختيار كابلات أحادية الوجه (ثلاثة موصلات) للمضخات الغاطسة

230 فولت (50 هرتز)						الجهد	مقنن المحرك
2.2	1.5	1.1	0.75	0.55	0.37	Kw	
3.0	2.0	1.5	1.0	0.75	0.5	HP	
الطول بالمتر							مقاس الكابل mm^2
-	30	40	60	80	120	1.5	
40	60	70	100	130	200	2.5	
60	90	120	170	220	320	4	
90	130	180	150	320	480	6	
150	230	300	430	550	810	10	
230	360	470	870	850	1200	16	
350	550	710	1010	1290	1900	25	
490	760	980	1380	1780	2590	36	
680	1060	1360	1910	2430	3580	50	
920	1440	1850	2550	3230	4770	70	
1190	1820	2320	3480	4000	5920	95	

جدول (14) البيانات الفنية لكابل 2mm240×3 للمضخات الغاطسة

القيمة	بيانات الكابل
$2.5mm^2$	مقطع الموصل (عبارة عن عدد من موصلات صغيرة المقطع)
36/0.3mm	عدد الموصلات الصغيرة / قطر الواحدة
0.9mm	سمك العزل
1.2mm	سمك الغلاف الخارجى
7.41ohms/km	مقاومة الموصل (عند 20^0C)

سابعا : خزانات المياه

تستخدم جميع أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية خزانات للمياه ، وذلك لتخزين المياه لعدة أيام بدلا من تخزين الطاقة الكهربائية المولدة من مصفوفة الألواح الشمسية، وبذلك تنخفض تكاليف نظام المحطة الشمسية (المكون الخاص بالبطاريات)، أي يتم تخزين فائض انتاج المياه في الخزان .

يصنف خزان المياه حسب الاستخدام إلى :

- خزان بلاستيك صالح للاستخدامات المنزلية .
- خزان أرضي مباني، وفيه يتم عزل الأرضية و الجوانب لمنع تسرب المياه (يمكن استخدام غشاء ثقيل (نسيج غشائي membranes) بسمك واحد مم , توضع هذه الطبقة علي أرضية و جوانب القنوات و تدفن نهايتها بالأرض) .تستخدم الخرسانة العادية لصب الأرضية و الجوانب بسمك يتراوح 10 & 7.5سم ، تكونالجوانب مائلة بزاوية لا تزيد عن 45 درجة .

وعمق الخزان يجب ألا يقل عن 2 متر لتخفيض فاقد تبخر المياه نتيجة سطوع الشمس .في المشاريع الصغيرة يوضع خزان أعلي سطح مبني (أو هيكل معدنى) أو في مستوي أعلي من الأرض و ذلك للأستفادة من خاصية الجاذبية (و الاستغناء عن مضخة ضغط المياه) .

ويصنف حسب النوع إلى :

نظام خزان مفتوح (open tank)

تعمل المضخة عندما تشرق الشمس وتضخ المياه إلى الخزان المفتوح (وتوزع المياه بالجاذبية)

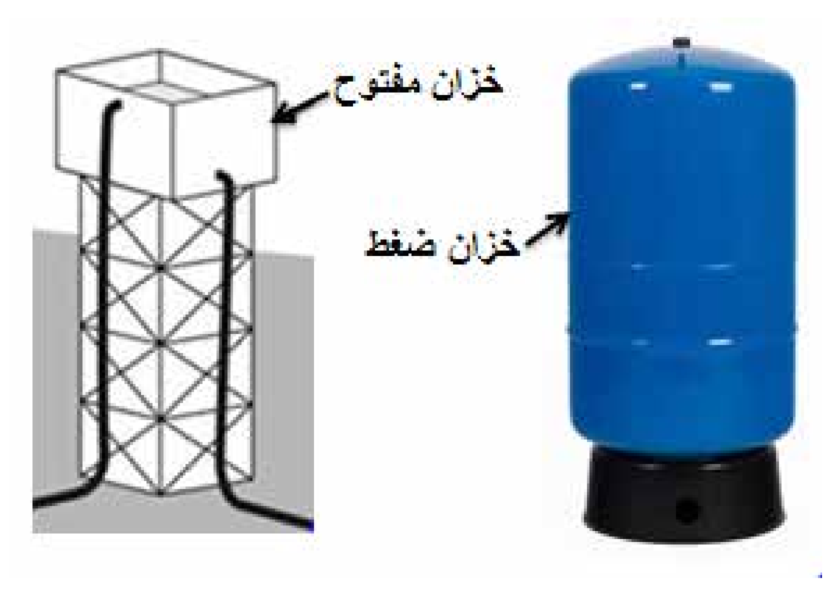
نظام خزان الضغط (pressure tank)

يتم تشغيل المضخة على بطاريات يتم شحنها بواسطة وحدات الطاقة الشمسية. تعمل المضخة عندما ينخفض الضغط في خزان الضغط , حيث يوصل مخرج مضخة الضغط إلى الخزان . كلما كان الخزان أكبر ، قل عدد مرات إيقاف وتشغيل المضخة ، مما يزيد من عمر المضخة ، وينخفض الصوت الصادر عن دورة التشغيل ، بالاضافة إلى أن المضخة تعمل بكفاءة أعلى – واستهلاك طاقة كهربائية أقل . الأحجام النموذجية لخزان الضغط يتراوح من 20 جالون إلى 100 جالون أو أكبر.

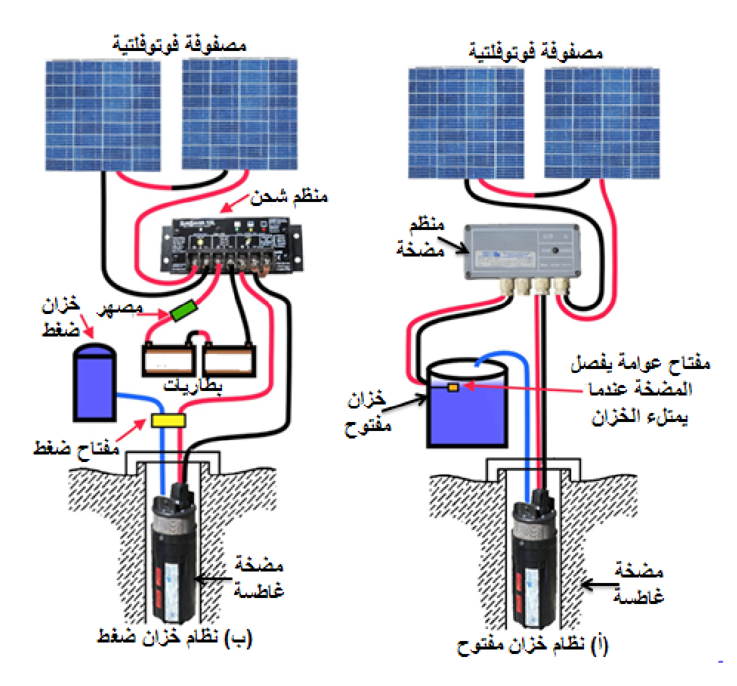
عموما تكون الطريقة العامة التجريبية لتحديد حجم الخزان أن يكفي علي الأقل استخدام للمياه من 3 إلي 5 أيام

يوضح شكل (29) بعض أنواع خزانات المياه

ويبين شكل (30) مكونات نظام خزان مفتوح وخزان ضغط



شكل (29) بعض أنواع خزانات المياه



شكل (30) مكونات نظام خزان مفتوح وخزان ضغط

الباب الخامس

حساب مكونات محطات ضخ المياه بالطاقة الشمسية

(CALCULATION OF COMPONENTS OF SOLAR WATER PUMP STATIONS)

تتبع الخطوات التالية لحـســـاب مكونات مــحـطــات ضخ الـمـيـاه بالـطـاقـــة الـشـمـسـيــة :

1- تحديد كمية المياه المطلوبة

2- تحديد مصدر المياه

3- حساب معدل تدفق المياه المطلوب (لتر / دقيقة) (water flow rate)

4- حساب ارتفاع الضخ الديناميكي الكلي (TDH) (Total Dynamic Head)

5- إختيار سعة مضخة الطاقة الشمسية المناسبة.

6- تحديد قدرة مصفوفة الألواح الشمسية .

7- تحديد قدرة الإنفرتر (في حالة محركات AC).

8- تحديد سعة خزان المياه .

فيما يلى توضيح كل خطوة

1- تحديد كمية المياه المطلوبة (المناسبة) للنشاط المطلوب

- للاستعمال المنزلي
- في مزرعة طبقاً لطبيعة عملها، تربية حيوانات أو الزراعة

يوضح كلا من جدولى (1) و (2) أمثلة للاستهلاك اليومى التقريبى لبعض التطبيقات (لتر / اليوم & م^3 / اليوم)

جدول (1) الاستهلاك اليومي التقريبي للمياه لبعض التطبيقات

التطبيق	الاستهلاك اليومي التقريبي (لتر / اليوم)
الاستعمال المنزلي للشخص	200 : 190
البقرة (الحلوب)	114 : 76
الماشية و الخيول	38 : 57
الخيل العامل	55
الخيل الراعي	35
العجل	25
الخراف و الماعز	4:7
الحمل	1
الحيوانات الصغيرة	حوالى لتر / اليوم لكل 11 كجم من وزن الجسم
الدواجن	(45.6-23) لتر / اليوم لكل 100 طير
الأشجار الصغيرة	57 في الطقس الجاف
الأشجار متوسطة الحجم	75

جدول (2) الاستهلاك اليومي التقريبي للمياه لتطبيقات الزراعة

التطبيق	استهلاك المياه للفدان (م³/ اليوم)
موز	65
أرز	45
موالح و مانجو	15:40 حسب عمر الأشجار
بطاطس	31.5
طماطم	30
قصب السكر	27
بصل	26
قطن	22
خضار	21
ذرة	19
قمح	18
شعير	17
فول	16
عباد الشمس	16
رمان و زيتون	5:13 حسب عمر الأشجار

الفدان = 4200 متر مربع

م³ = 1000 لتر

2 - تحديد مصدر المياه

يجب أن يكون موقع مصدر المياه ملائما لتركيب نظام ضخ المياه الشمسي المستخدم. ويتعلق نظام الري بنوع مصدر المياه وموقعه بالنسبة للمكان الذي يراد تزويده بالمياه. وبالتالي تصنف مصادر المياه لأنظمة الرى : أما عميقة او سطحية .

ويوضح **جدول** (3) بعض خصائص مصادر المياه والإحتياجات المطلوبة لكل مصدر

جدول (3) بعض خصائص مصادر المياه لأنظمة الرى

مصادر المياه العميقة	مصادر المياه السطحية
مثل الآبار نوعية المياه جيدة وموثوق بها مكلفة بسبب الحفر الاحتياجات المطلوبه للآبار: • مستوى المياه الساكن • إختلاف العمق الموسمي • نسبة تعويض المياه • نوعية المياه يتم الاعتناء بنوعية المياه إذا كانت ستستخدم للاستهلاك البشري	مثل : بركة – جدول – سيل تفاوت كمية المياه ونوعيتها بشكل موسمي حيث تكون منخفضة في فصل الصيف - الإحتياجات المطلوبة للمياه السطحية: • التغيرات الموسمية • نوعية المياه (وجود طين وبقايا عضوية)

3 - حساب معدل تدفق المياه المطلوب (لتر / دقيقة) (water flow rate)

يلزم أولا تحديد البيانات الاتية

- معدل الاستخدام اليومي من المياه باللتر (لتر / اليوم) .
- متوسط فترة سطوع الشمس (ساعة / اليوم) .

ثم يحسب معدل التدفق طبقا للمعادلة

معدل التدفق المطلوب (لتر / ساعة)

$$= \frac{\text{معدل الاستخدام اليومي للمياه (لتر / اليوم)}}{\text{متوسط فترة سطوع الشمس (ساعة / اليوم)}}$$

ثم تحول معدل التدفق المطلوب من (لتر / ساعة) إلي (لتر / دقيقة)

$$= \frac{\text{لتر /ساعة}}{\text{60 دقيقة / ساعة}}$$

4 - حساب الارتفاع المانومتري الكلى (HMT) أو ارتفاع الضخ الديناميكي الكلى (TDH)

توجد طريقتان متشابهتان لكيفية اختيار مضخات المياه اعتمادا على خصائصها. ويعتمد اختيار الطريقة التي نستعملها على معطيات المُصنع ، والذى يمكن أن يستعمل الـ HMT أو أن يستعمل الـ TDH في كتيب خصائص المضخة. وفيما يلى تعريف كل طريقة

(أ) الارتفاع المانومتري الكلى (HMT) (Total manometric head)

هو فرق الضغط (بالأمتار) بين مدخل المضخة ونقاط المخرج. هذه القيمة تكون دائما أعلى من الفرق الفعلي في الارتفاع بين هاتين النقطتين. عندما يكون الضخ مستمرًا ، تحتاج المضخة إلى التغلب على مفقودات الاحتكاك التي تحدث أثناء تدفق المياه عبر أنابيب السحب والمخارج.

يحسب الارتفاع المانومترى الكلى (HMT) بالمتر تبعا للمعادلة التالية HMT = Ha + Hr + PC + Pr

حيث :

Ha = ارتفاع السحب والذى يمثل المسافة بين سطح المياه و محور المضخة (هذا الارتفاع يساوي صفر في حالة استعمال المضخات الغاطسة)

Hr = ارتفاع التفريغ (الطرد) والذى يمثل الارتفاع بين محور المضخة و أعلى نقطة تفريغ مياه بالنسبة للمضخة السطحية .أما بالنسبة للمضخة الغاطسة فهو يمثل الارتفاع بين سطح المياه و أعلى نقطة تفريغ.

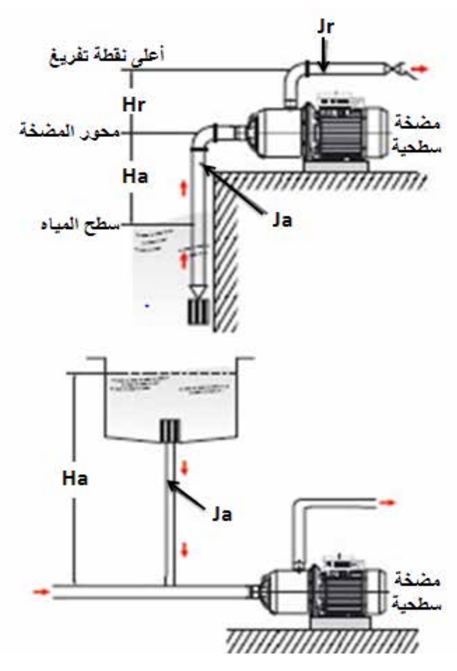
PC = متوسط فقد الأحمال و تمثل الطاقة الضائعة في أنابيب المياه وتحسب طبقا للمعادلة التالية PC= Ja + Jr

Jr = فقد الاحتكاك في أنابيب التفريغ

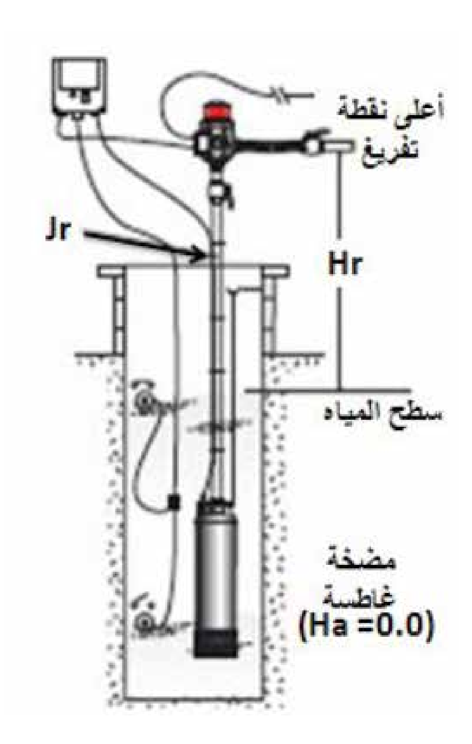
Ja = فقد الاحتكاك في أنابيب السحب ، قيمتها صفر في حالة المضخات الغاطسة وذلك لعدم وجود أنابيب سحب في هذه الحالة

Pr = الضغط المستعمل المطلوب عند فتح الحنفية يتراوح عادة بين 1 و 3 بار (أي بين 10 و 30 متر)

يوضح شكل (1) التعريفات المستخدمة لحساب الارتفاع المانومترى الكلى فى حالة المضخة السطحية ويوضح شكل (2) التعريفات فى حالة المضخة الغاطسة. ويوضح جدول (4) العلاقة بين ارتفاع المياه بالقدم والضغط باوند / بوصة 2



شكل (1) التعريفات المستخدمة لحساب الارتفاع المانومترى الكلى فى حالة المضخة السطحية



شكل (2) التعريفات المستخدمة لحساب الارتفاع المانومترى الكلى فى حالة المضخة الغاطسة

يمكن استخدام المعادلة التالية أيضا لحساب الارتفاع المانومترى الكلى

$$HMT = Hh + Ja + Jr + Pr$$

حيث :

Hh = الحمل الهيدروليكي و يمثل المسافة بين مستوى المياه و أعلى نقطة تفريغ (بالمتر)

و لتحويل وحدة Hh من المتر إلى الباسكال نطبق المعادلة التالية

$$Hh\ pa = Hh \times 9.1 \times r$$

r = تمثل كثافة السائل بوحدة كجم/م^3 (تساوى 1000 كجم/م^3 بالنسبة للمياه)

لتحديد قيمة فقد الاحتكاك يتم الإستعانة بملحق (3) وفيه الجدول (1) الذي يعرض قيمة فقد الاحتكاك بـ**مم للمتر الواحد** من طول الأنبوب حسب قطره و حسب قيمة التدفق أو جدول (2) للحصول على فقد الاحتكاك (بوحدة قدم/ 100 قدم من طول الأنابيب البلاستيك) بدلالة قطر الأنابيب ومعدل تدفق المياه (جالون / دقيقه)

جدول (4) العلاقة بين ارتفاع المياه بالقدم والضغط بـ باوند/بوصة ^{2}

الارتفاع (قدم)	باوند / بوصة ^{2}	الارتفاع (قدم)	باوند/ بوصة^2	الارتفاع (قدم)	باوند / بوصة ^{2}
1	0.43	20	8.66	80	34.6
2	0.87	30	13.00	90	39
3	1.3	40	17.3	100	43.3
4	1.73	50	21.6	200	86.6
5	2.17	60	26	500	216
10	4.33	70	30.3	1000	433

(1 بار = 14.5 باوند / بوصة ^{2} & 1 قدم = 0.305 متر)

(ب) ارتفاع الضخ الديناميكي الكلي (TDH) (Total Dynamic Head)

هذه الطريقة هى الأكثر شيوعا ، ويعرف ارتفاع الضخ الديناميكي الكلي بأنه المسافة التي ستقوم مضخة الطاقة الشمسية برفع المياه إليها رأسياً (متر) وهى عكس الجاذبية الأرضية والتى تشير إلي الضغط المطلوب من المضخة لرفع المياه من عمق البئر إلي أعلي نقطة في الخزان

يتكون ارتفاع الضخ الديناميكي الكلي من مجموع المسافات الآتية

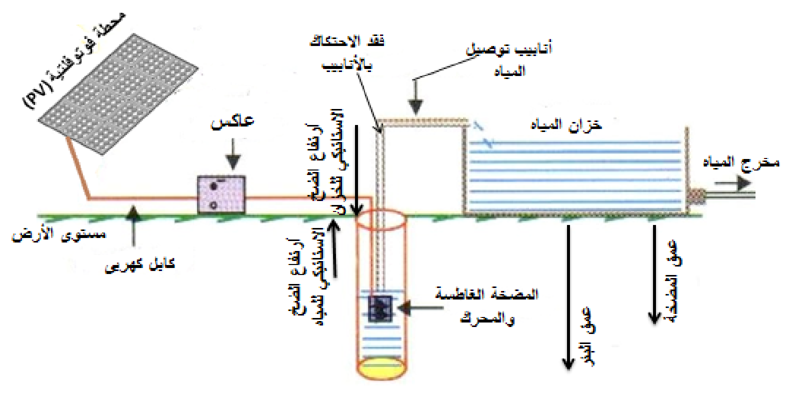
1- المسافة الرأسية من سطح الأرض و حتي منسوب المياه في البئر (أو النهر أو الترعة) (أي هوعمق المياه عن سطح الأرض) و التي تعرف بارتفاع الضخ الاستاتيكي للمياه بوحدة المتر (static water level)

2- المسافة الرأسية من سطح الأرض إلي أعلي نقطة في الخزان (أو الصهريج) و التي تعرف بارتفاع الضخ الإستاتيكي للخزان بوحدة المتر (vector rise)

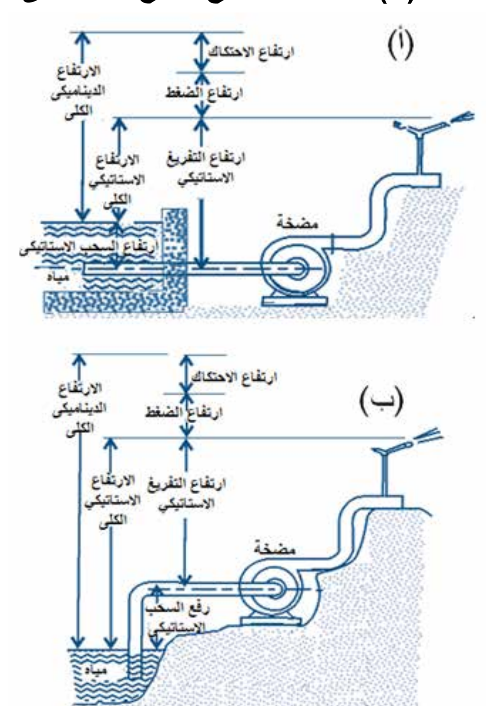
3- قيمة الفقد بالاحتكاك (friction loss) بالأنابيب (هذه القيمة بوحدة المتر و يتم الحصول عليها من جداول تحتوي علي قطر المواسير و طولها و شكل الوصلات المستخدمة في الخط)

ويعرف فقد الاحتكاك بأنه مقاومة السطح الداخلي للأنابيب ضد تدفق المياه ، للأنابيب ذات القطر الأصغر و قيمة الضخ الأعلي يكون لها مقاومة أعلي

يوضح شكل (3) تعريفات ارتفاع الضخ الديناميكى
ويبين شكل (4) مكونات الارتفاع الديناميكى الكلى فى حالتى :
(أ) المضخة تحت مستوى المياه
(ب) المضخة أعلى من مستوى المياه. حيث يتواجد رفع السحب (suction lift) عندما يكون مصدر التغذية أقل من خط محور المضخة. وعليه فإن رفع السحب الأستاتيكى (static suction lift) هو المسافة العمودية من خط محور المضخة إلى المستوى الحر للمياه التى سيتم ضخها . كما يوجد ارتفاع السحب (suction head) عندما يكون مصدر التغذية أعلى من محور المضخة.



شكل (3) تعريفات ارتفاع الضخ الديناميكى



شكل (4) مكونات الارتفاع الديناميكى الكلى فى حالتى
(أ) المضخة تحت مستوى المياه
(ب) المضخة أعلى من مستوى المياه

يحسب ارتفاع الضغط الديناميكي من المعادلة التالية:

$$TDH = Hh + J a + Jr$$

حيث:

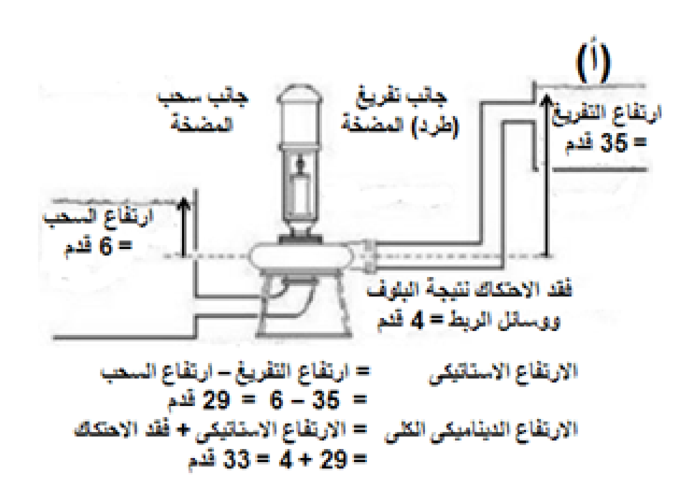
Hh= الحمل الهيدروليكي (الارتفاع الاستاتيكى)

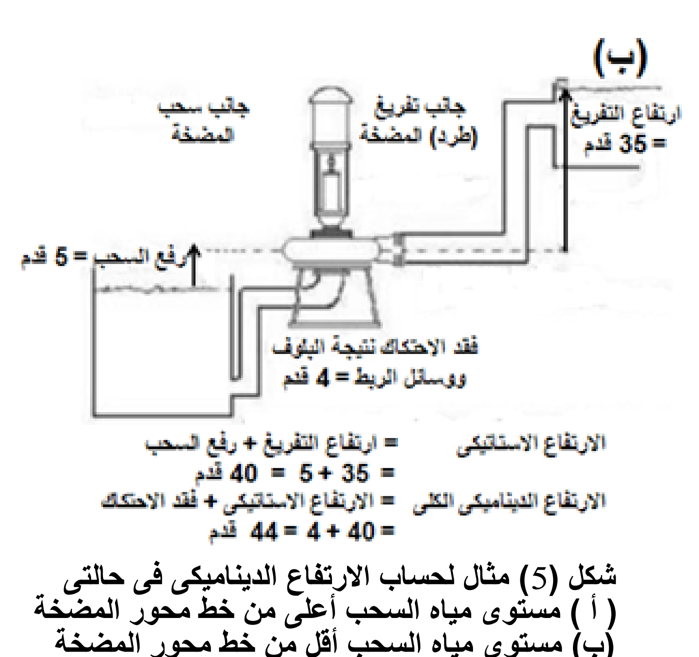
Ja وJr = فقد الاحتكاك داخل الأنابيب

يوضح شكل (5) مثال لحساب الارتفاع الديناميكى فى حالتى :

(أ) مستوى مياه السحب أعلى من خط محور المضخة

(ب) مستوى مياه السحب أقل من خط محور المضخة





شكل (5) مثال لحساب الارتفاع الديناميكى فى حالتى
(أ) مستوى مياه السحب أعلى من خط محور المضخة
(ب) مستوى مياه السحب أقل من خط محور المضخة

توجد طريقة تقريبية يمكن استخدامها لحساب قيمة الفقد بالاحتكاك في حالة عدم توافر الجداول أو إذا كان خزان المياه يقع بالقرب من البئر بحوالي 10 متر أو أقل و هي :

- قيمة الفقد بالاحتكاك = (7% : 5%) × [ارتفاع الضخ الاستاتيكي للمياه + ارتفاع الضخ الاستاتيكي للخزان]

وفي الحالات التي يكون مكان الخزان بعيدا عن البئر ،عندئذ تستخدم المعادلة الآتية لحساب فقد الإحتكاك لماسورة البئر وذلك بمعرفة طول وقطر الماسورة :

$$\text{فقد الإحتكاك} = \frac{(10.67)\times(\text{طول الماسورة (متر)})\times(\text{معدل تدفق المياه (متر3/ثانية)})^{1.852}}{(140)^{1.852}\times(\text{قطر الماسورة (متر)})^{4.8704}}$$

يمكن الاستعانة بجداول المصنعين لحساب فقد الإحتكاك ، والموضحة بمرفق (3)

عادة يكون قطر ماسورة الطرد (التفريغ) أصغر من أقطار المواسير المستخدمة في الخطوط الأفقية (لأنه في مواسير الطرد تستخدم كامل مساحة مقطع الماسورة لتوصيل المياه إلى السطح). كما يمكن استخدام جدول (5) للمساعدة في تحديد قطر الماسورة بمعرفة أقصى معدل تدفق.

جدول (5) تحديد قطر الماسورة بمعرفة أقصى معدل تدفق

قطر الماسورة (بوصة)	أقصى معدل تدفق (م³/ساعه)	قطر الماسورة (بوصة)	أقصى معدل تدفق (م3/ساعة)
0.75	2.25	4.0	56.5
1.0	3.5	5.0	88.0
1.5	8.0	6.0	127.0
2.0	14.0	8.0	226.0
2.5	22.0	10.0	353.0
3.0	32.0	12.0	508.0

مثال (١)

احسب فقد الاحتكاك :

طول الماسورة = 50 متر

قطر الماسورة = 2 بوصة

معدل التدفق = 15 م3 / ساعه

الحل:

قطر الماسورة = 2 بوصة =5.8 سم = 0.058 متر

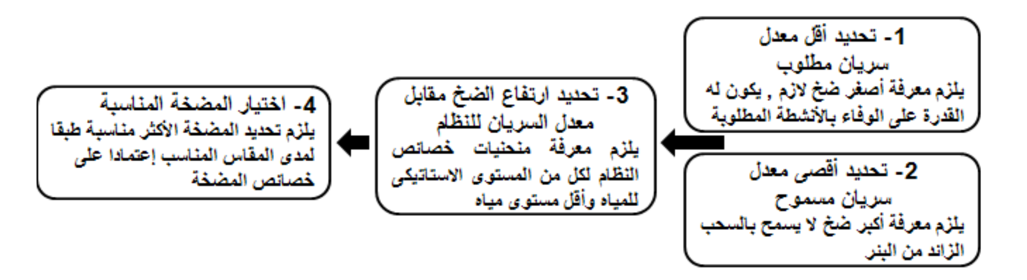
معدل التدفق = (15) ÷ (60×60) = 0.00416 م3 / ثانية

$$\text{فقد الإحتكاك} = \frac{(10.67)\times(50)\times(0.00416)^{1.852}}{(140)^{1.852}\times(0.058)^{4.8704}} = 2.35 \text{ متر}$$

نلاحظ أن نسبة فقد الإحتكاك = (2.35/50) × 100 = 4.7%

5- تحديد مضخة الطاقة الشمسية المناسبة

يوضح شكل (6) خطوات اختيار المضخة

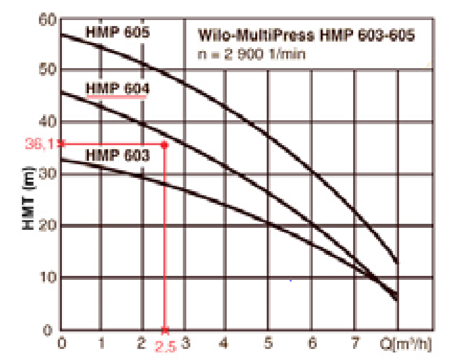


شكل (6) خطوات اختيار المضخة

في كتالوجات المضخات المائية يوجد منحنيات العلاقة بين معدل التدفق والارتفاع الديناميكى الكلى (أو الارتفاع المانومترى الكلى) لأنواع مختلفة من مضخات الصانع والذى منها يمكن اختيار المضخة المناسبة .

ويوضح شكل (7) مثال لهذه المنحنيات.

بفرض أن معدل التدفق المطلوب يساوى 2.5 م^3 في الساعة و أن HMT المحسوب يساوى 36.1 متر. باستخدام المنحنيات بشكل (7) نجد أن المضخة المناسبة هي من نوع HMP 604.



شكل (7) مثال لمنحنيات مضخات أحد المنتجات

تحسب القيمة المبدئية التقريبية لقدرة المضخة المطلوبة (بوحدة ك . وات) طبقا لأى من المعادلتين الآتيتين اعتمادا على وحدة معدل تدفق المياه كالآتي :

إذا كانت وحده معدل تدفق المياه ب لتر/الدقيقة ، تستخدم المعادله الآتية :

قدرة المضخة = (معدل تدفق المياه (لتر/ دقيقة)) ×(ارتفاع الضخ الديناميكي (متر)) ×(0.0001635) ÷ (كفاءة المضخة × كفاءة العاكس)

إذا كانت وحدة معدل تدفق المياه بـ م^3 / ساعة ، تستخدم المعادلة الآتية :

قدرة المضخة = (معدل تدفق المياه (م^3 / ساعة)) ×(ارتفاع الضخ الديناميكي) (متر) ×(0.002725) ÷ (كفاءة المضخة × كفاءة العاكس)

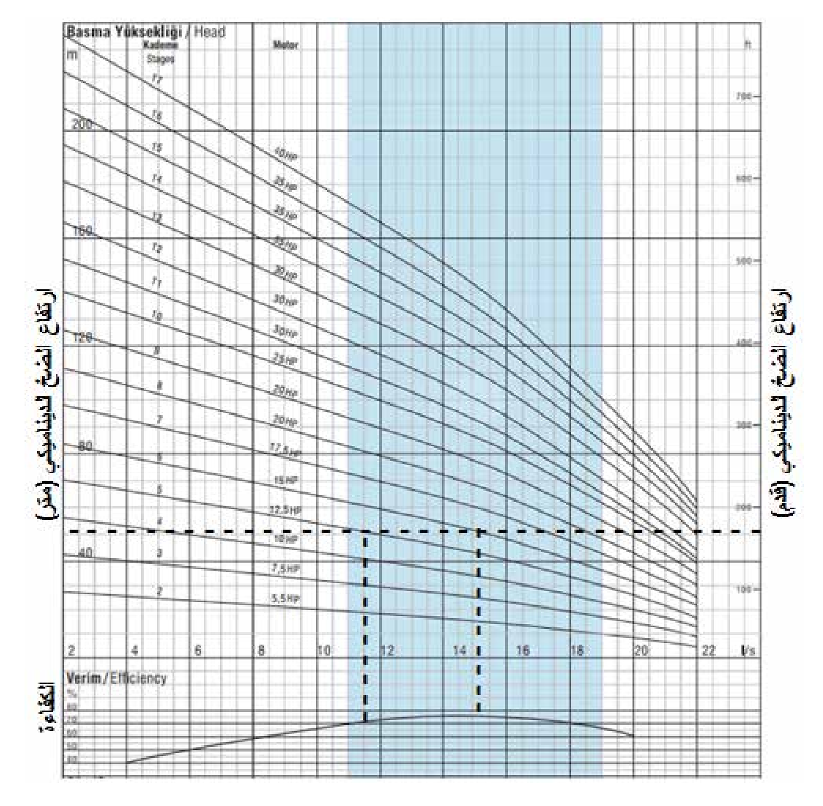
وتكون قدره المضخة بالحصان كالآتي :

قدرة المضخة (الحصان) = قدرة المضخة (ك . وات) × 0.745

يفضل استخدام جداول المضخات الخاصة بالشركات المصنعة للمضخات لتحديد قدرة المضخة بدلالة معدل تدفق المياه و ارتفاع الضخ الديناميكي .لأن الإشعاع الشمسي متغير على مدار اليوم، فإن سرعة دوران محرك المضخة وكفاءتها ليست قيمة ثابتة، بل تتغير أثناء النهار، كما يجب مراعاة أن كفاءة المضخة المكتوبة فى كتالوج المضخة تكون عند الحمل الكامل(full load) لذا يتم التوصية عند تصميم النظام بأن تؤخذ كفاءة المضخة 60% عندما يكون الحمل 60% أى عندما تكون الطاقة المتاحة للمضخة وسرعة دوران المحرك 60% فقط من القيمة القصوى).

كذلك يمكن تحديد كفاءة المضخة من منحنيات خصائص المنتج كما فى شكل (8)

مثلا لارتفاع ضخ ديناميكي = 50 متر يجب اختيار منحنى مضخة تقع في منتصف المنطقة الغامقة و هي المضخة رقم 6 بقدرة 15 حصان و يمكن علي أسوا تقدير اختيار المضخة رقم 5 بقدرة 12.5 حصان التي سوف تعمل بكفاءة 75%، أما إذا تم اختيار المضخة رقم 4 بقدرة 10 حصان و التي تقع في نقطة سيئة جدا بالمنحني عند ارتفاع ضخ 50 متر و كفاءة 50% فقط، فسوف يؤدي هذا الاختيار إلي كفاءة ضعيفة للنظام الشمسي و معدلات ضخ مياه قليلة جدا وأيضا لعدد ساعات قليلة. يوضح جدول (6) أمثلة استرشادية لمقياس أنظمة مضخات المياه يوميا (Daily Volume[m3/day]) بالخلايا الشمسية والمتاحة بالأسواق.



شكل (8) مثال لمنحنيات مضخات أحد المنتجات تحدد قدرة المحرك والكفاءة

جدول (6) أمثلة استرشادية لمقياس أنظمة مضخات المياه يوميا بالخلايا الشمسية والمتاحة بالأسواق.

كمية ضخ المياه يوميا	كمية ضخ المياه يوميا
4~10[m3/day]	150~250[m3/day]
8~15[m3/day]	230~350[m3/day]
15~25[m3/day]	300~450[m3/day]
25~50[m3/day]	400~550[m3/day]
40~80[m3/day]	550~700[m3/day]
60~100[m3/day]	650~800[m3/day]
100~180[m3/day]	

يجب أن يتم عمل موازنة ومفاضلة عند اختيار القطر الاقتصادي لأنابيب المضخات، حتى يمكن الوصول إلى أقل تكلفة سنوية مع مراعاة الآتى :

- إذا تم اختيار قطر أنبوب أقل من القطر الاقتصادي، عندئذ تكون تكلفة الأنابيب قليلة، ولكن تكلفة الضخ أكبر بكثير من الوفر الناتج في تكلفة الأنابيب، وذلك بسبب زيادة مفقودات الإحتكاك في الأنابيب الراجع لزيادة سرعة تدفق المياه بداخله، وهذا يتطلب زيادة قدرة المضخة (حصان) مما يؤدي إلى زيادة تكلفة عملية الضخ.
- إذا تم اختيار قطر أكبر من القطر الاقتصادي عندئذ تكون تكلفة عملية الضخ أقل، ولكن تكلفة الأنابيب أكبر بكثير من الوفر الذي قد ينتج من عملية الضخ.

فيما يلى العلاقة التجريبية التقريبية المطبقة عند اختيار القطر الاقتصادي، هذه العلاقة تحسب القطر الذي يساعد على تدفق المياه فيه بسرعة مثلى تتراوح ما بين0.8 و 1.35 m/s

$$D = 1.22 : 0.97 \sqrt{Q}$$

حيث :

D= قطر الأنبوب (متر)

Q= معدل التدفق (م3/ثانية)

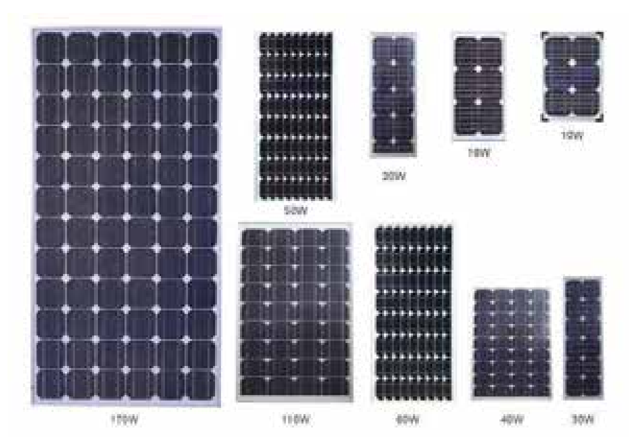
يتم توصيف مقاس المضخة بدلالة قطر وصلة أنبوب التفريغ (الطرد) ، و يمكن الاسترشاد بالجدول (7) لاختيار مقاس المضخة المناسب لضخ معدل تدفق معين.

جدول (7) اختيار مقاس المضخة المناسب لضخ معدل تدفق معين (استرشادى).

مقاس المضخة (مم)	50	75	100	125	150
معدل التدفق (م^3/ساعة)	30 : 66	60 : 100	100 : 140	140 : 180	220 : 180

6- تحديد قدرة المصفوفة الشمسية المناسبة

بعد تحديد قدرة المضخه يتم تحديد البيانات الفنية لمصفوفة ألواح الطاقة الشمسية المناسبة لتوفير الطاقة الكهربائية اللازمة لادارة مضخة الطاقة الشمسية.
قدرة المصفوفة الشمسية = قدرة المضخة × 1.5 (ك . وات) .
تم اضافة عامل أمان (1.5) لتعويض المفقودات في العاكس و مكونات الدائرة الكهربائية و أيضا للمواءمة مع تقلبات الظروف الجوية .
بعد تحديد قدرة المصفوفة يتم اختيار عدد الموديولات المناسبة و التي مجموع قدراتها يكافئ قدرة المصفوفة .
ويوجد العديد من موديولات الفوتوفلتية(PV) ذات القدرات المختلفة، ويوضح شكل (9) بعض النماذج التى تفيد فى تحديد عدد الموديولات اللازمة وذلك بقسمة قدرة المصفوفة على قدرة الموديول المختار



شكل (9) نماذج لموديولات ذات قدرات مختلفة

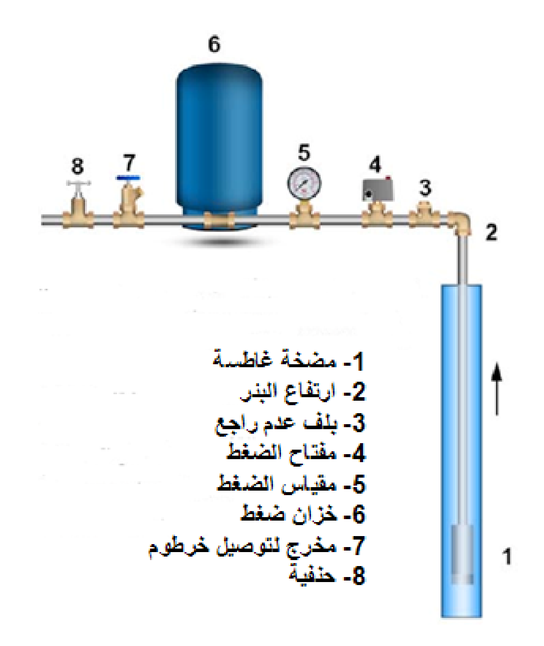
7- تحديد قدرة العاكس (solar pump inverter)

يستخدم هذا العاكس في حالة الاحتياج إلي تيار متردد، حيث يتم تركيبه لتحويل التيار المستمر المتولد من المحطة الفوتوفلتية إلى تيار متردد . ويتم تحديد قدرة العاكس كالآتى :
قدرة العاكس (ك. وات) = قدرة المضخة (ك. وات)
يوجد عاكسات ذات قدرات متعددة متاحة تبدأ من 1 وحتى 300 كيلووات، والتى تغطى معدلات تدفق للمياه تصل إلى 450 متر مكعب فى الساعة .

8 - تحديد سعة خزان المياه

تستخدم جميع أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية خزانات للمياه، وذلك لتخزينها لعدة أيام بدلا من تخزين الطاقة الكهربائية المولدة من مصفوفة الألواح الشمسية .
توصى الطريقة العامة التجريبية لتحديد حجم الخزان أن يكفي علي الأقل استخدام المياه من 3 إلي 5 أيام .
يوضح شكل (10) خزان ضغط وملحقاته مع مضخة غاطسة. تتلخص فكرة عمل المضخة فى شكل (10) كالآتى:

- يتم التحكم فى المضخة بواسطة مفتاح الضغط (pressure switch)
- نموذجيا يضبط مفتاح الضغط لكى تعمل المضخة عند ضغط منخفض من 30 الى ISP 40
- تفصل المضخة عند ضغط من 50 الى ISP 70
- من الشائع لضبط المضخة : توصيل عند ISP 40 وفصل عندISP 60



شكل (10) خزان ضغط وملحقاتة مع مضخة غاطسة

يوضح جدول (8) أمثلة لسعة خزان الضغط والمياه المسحوبة من الخزان وذلك طبقا لضبط مفتاح الضغط ويلاحظ فى هذا الجدول أنه عند ضبط مفتاح الضغط عند الضغط الأعلى يكون حجم المياه المخزن أقل .
معنى أن يوفر خزان الضغط المياه عند ضغط من 60 PSI إلى 40 أنه : عند 40 PSI ، يبدأ مفتاح الضغط تشغيل المضخة، وتملء المضخة الخزان حتى 60 PSI، ثم يقوم مفتاح الضغط بإيقاف تشغيل المضخة. هذا ما يعرف بدورة (cycle) تشغيل المضخة (تشغيل / إيقاف) (PSI = Pounds per square inch).
تنص شركات تصنيع المحركات على الحد الأقصى لعدد مرات التشغيل في اليوم ، فمثلا يوصي بعض مصنعي المحركات الغاطسة أن تعمل المحركات ما لا يقل عن دقيقة واحدة لعدم تراكم الحرارة الناتجة من تيار بدء التشغيل. و يفضل ان تكون دقيقتين من وقت التشغيل. ويعرف وقت التشغيل الأدنى بأنه الزمن الذي يستغرقه ملىء خزان الضغط عند الحد الأدنى من التدفق طبقا لنوع بلف ايقاف الدورة (Cycle Stop Valve) . فعلى سبيل المثال، إذا كان نوع البلف يسمح بمعدل تعبئة خزان 1 جالون / الدقيقة (gpm)، عندئذ يحتاج إلى خزان به 2 جالون على الأقل من السحب لذا يوصى دائما باستخدام الخزانات الأكبر حجمًا.
يوضح جدول (9) الحد الأقصى لعدد مرات بدء تشغيل المحركات فى اليوم
ويبين جدول (10) أمثلة لسعة سحب المياه بالجالون طبقا للتطبيق
يوضح شكل (11) خزان ضغط سعة 4.4 جالون
يبين شكل (12) مخطط سريان حسابات نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية

جدول (8) أمثلة لسعة خزان الضغط والمياه المسحوبة طبقا لضبط مفتاح الضغط

سعة الخزان (جالون)	المياه المسحوبة من الخزان (جالون)	
	ضبط مفتاح الضغط 60 / 40 PSI	ضبط مفتاح الضغط 80 / 60 PSI
2.00	0.54	0.42
4.40	0.93	0.93
8.60	1.82	1.82
10.30	2.18	2.18
14.00	2.96	2.96
20.00	4.22	4.22
32.00	7.18	6.76
34.00	9.29	7.18
44.00	13.09	9.29
62.00	18.16	13.09
86.00	18.16	18.16
119.00	25.13	25.13

جدول (9) الحد الأقصى لعدد مرات بدء تشغيل المحركات فى اليوم

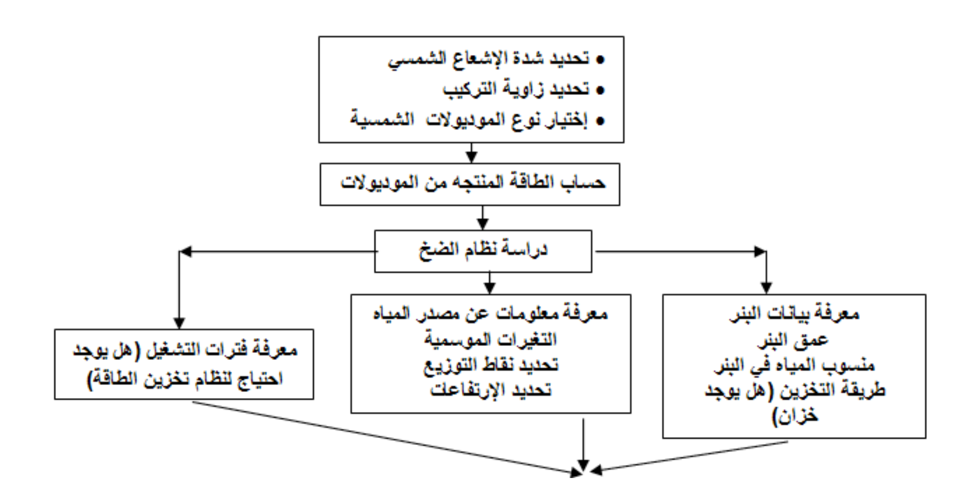
القدرة (HP)	أحادى الوجه	ثلاثى الوجه
حتى 0.75	300	300
1:5.5	100	300
7.5:30	50	100
أكبر من أو يساوى 40	---	100

جدول (10) سعة سحب المياه بالجالون

التطبيق	النوع (1)	النوع (2)	النوع (3)
الرى	1	4	10
منزل واحد	1	5	10
3 منازل	15	15	--
5 : 20 منزل	25	25	30
نظام كبير	--	--	10



شكل (11) خزان ضغط سعة 4.4 جالون



شكل (12) مخطط سريان حسابات نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية

مثال (2)

من البيانات التالية ، احسب مكونات محطة الري بالطاقة الشمسية

معدل تدفق المياه $= Q_1 =$ 1000 liter/day

عمق البئر = H = 100M

تكلفة المحطه الشمسيه = 14300EGPIK

الحل

1) TDH = 1.5 × 100 = 150 m
2) Rated motor pump = (0.0001635) × 150× 10000(5×60×0.5)
   = 1.635 Kw
   = 2.2 hp
3) Rated PV = 1.5 × 1.635 = 2.45 Kw
4) Rated inverter = 1.635 Kw
5) Cost = 1.635 × 14300 = 23380 EGP

مثال (3)

من البيانات التالية، احسب مكونات محطة الري بالطاقة الشمسية

معدل تدفق المياه $= Q_2 = 20\ m^3 / day$

H = 110m = عمق البئر

تكلفة المحطة الشمسية = 14300 EGP/KW

الحل

1) TDH = 1.5×110 = 165 m
2) Rated motor pump = (0.0001635) * 165*20* 10000/(5*60*0.5) = 3.6 Kw = 4.8 hp
3) Rated PV = 1.5 × 3.6 = 5.4 Kw
4) Rated inverter = 3.6 Kw
5) Cost = 3.6 × 14,300 = 51480 EGP

البيانات المطلوبة لتصميم أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

تعتمد البيانات المطلوبة على :

- هل النظام مستقل عن شبكة الكهرباء العامة أو نظام هجين (شمسى / ديزل)
- هل الآبار جديدة أو قائمة

يوضح الجدولان (12) & (11) البيانات المطلوبة لكل نظام

توضح الاشكال من (13) حتى (16) انواع انظمة الضخ المستقل

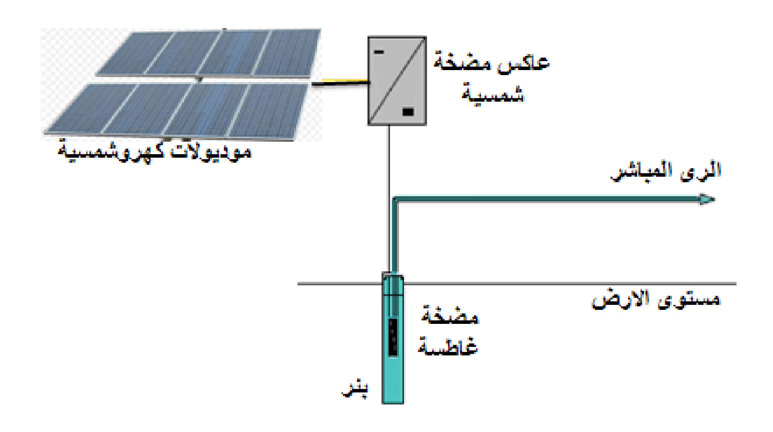
بينما توضح الاشكال من (17) حتى (21) انواع انظمة الضخ الهجين

جدول (11) البيانات المطلوبة لتصميم الأنظمة المستقلة لضخ المياه بالطاقة الشمسية

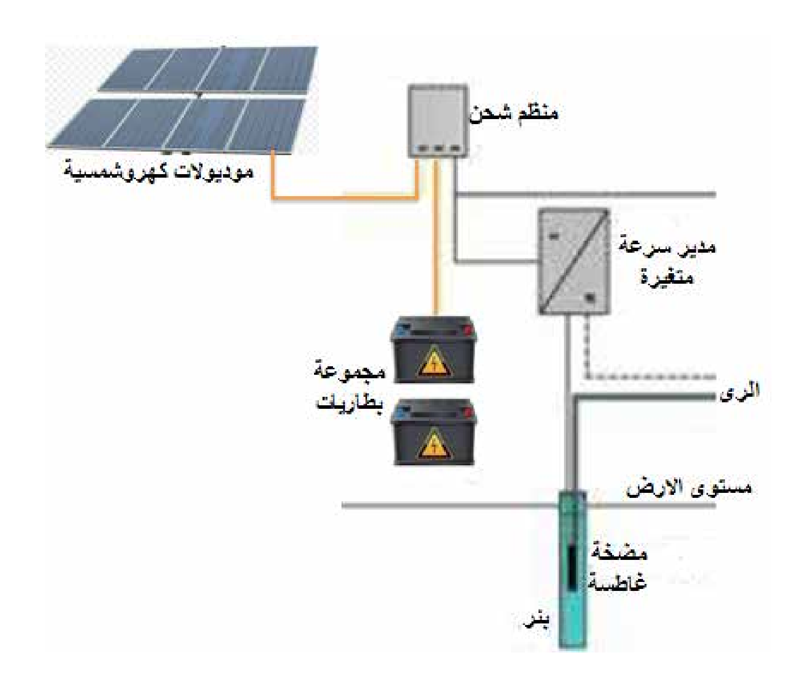
حالة الآبار	البيانات المطلوبه	نظام مستقل			
		ري مباشر	ري مباشر + بطاريات	مع خزان على إرتفاع عالي عن الارض	مضخة تغذيه + خزان على مستوى الأرض + بطاريات
آبار جديدة	معدل السريان	√	√	√	√
	بيانات البئر	√	√	√	√
	البرنامج الزمني للري		√	√	√
	الموقع		√	√	√
	معلومات عن الارض / التربة			√	
	معلومات عن الخزان الحالى (المقاس – المادة .....) أو المساحه المطلوبه لخزان جديد				√
آبار قائمة	القدرة الهيدروليكية للمضخة	√	√	√	√
	نوع وخصائص البئر	√	√	√	√
	الموقع	√	√	√	√
	البرنامج الزمني للري		√	√	√
	معلومات عن الأرض / التربة			√	
	معلومات عن الخزان الحالى (المقاس – المادة .....) أو المساحه المطلوبه لخزان جديد				√

جدول (12) البيانات المطلوبة لتصميم الأنظمة الهجين لضخ المياه بالطاقة الشمسية

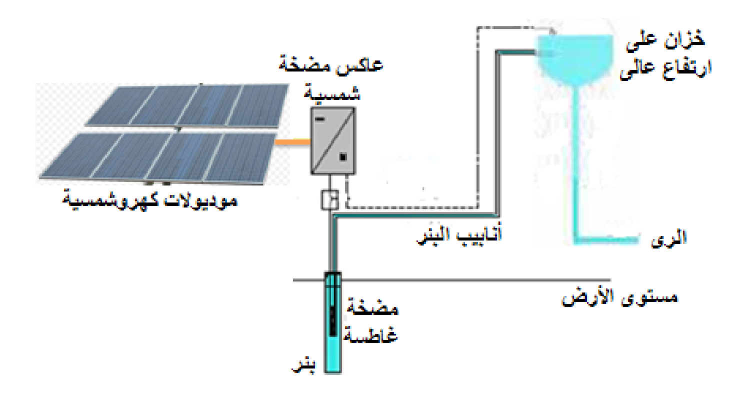
حالة الآبار	البيانات المطلوبه	نظام هجين				
		شمسي / ديزل مع مفتاح تشغيل	شمسي / ديزل + خزان على إرتفاع عن الارض	شمسي / ديزل + بطاريات	شمسي/ ديزل + مضخة تغذية + خزان على مستوى الارض	شمسي / ديزل + نظام إدارة أتوماتيكي
آبار جديدة	معدل السريان	√	√	√	√	
آبار جديدة	بيانات البئر	√	√	√	√	
آبار جديدة	البرنامج الزمني للري	√	√	√	√	
آبار جديدة	الموقع	√	√	√	√	√
آبار جديدة	معلومات عن الخزان الحالى (المقاس – المادة .....) أو المساحه المطلوبه لخزان جديد				√	
آبار جديدة	بيانات عن مولد الديزل الحالي أو المخطط للحصول عليه	√	√	√	√	√
آبار جديدة	بروفيل طلب القدرة للشبكة					√
آبار قائمة	القدرة الهيدروليكية للمضخه	√	√	√	√	
آبار قائمة	نوع وخصائص البئر	√	√	√	√	
آبار قائمة	الموقع	√	√	√	√	
آبار قائمة	البرنامج الزمني للري	√	√	√	√	
آبار قائمة	معلومات عن الأرض / التربة					
آبار قائمة	معلومات عن الخزان الحالى (المقاس – المادة .....) أو المساحه المطلوبه لخزان جديد				√	
آبار قائمة	بيانات عن مولد الديزل الحالي أو المخطط للحصول عليه	√	√	√	√	



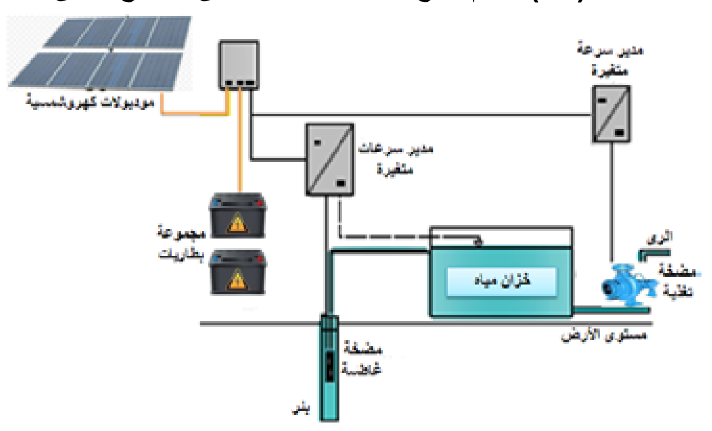
شكل (13) نظام ضخ مستقل لرى مباشر



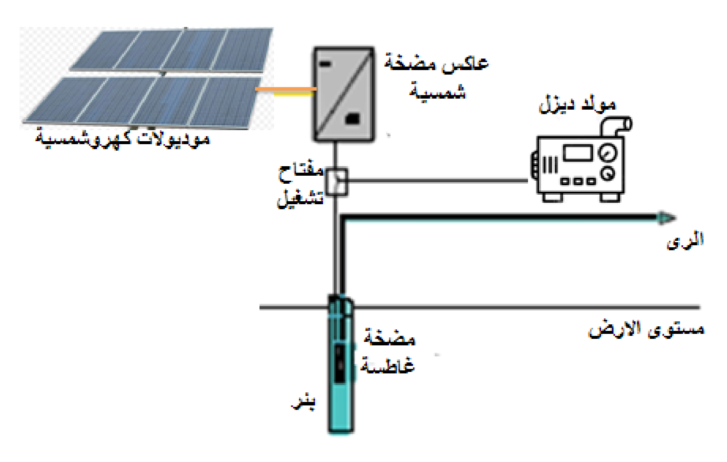
شكل (14) نظام ضخ مستقل لرى مباشر مع أضافة مجموعة بطاريات



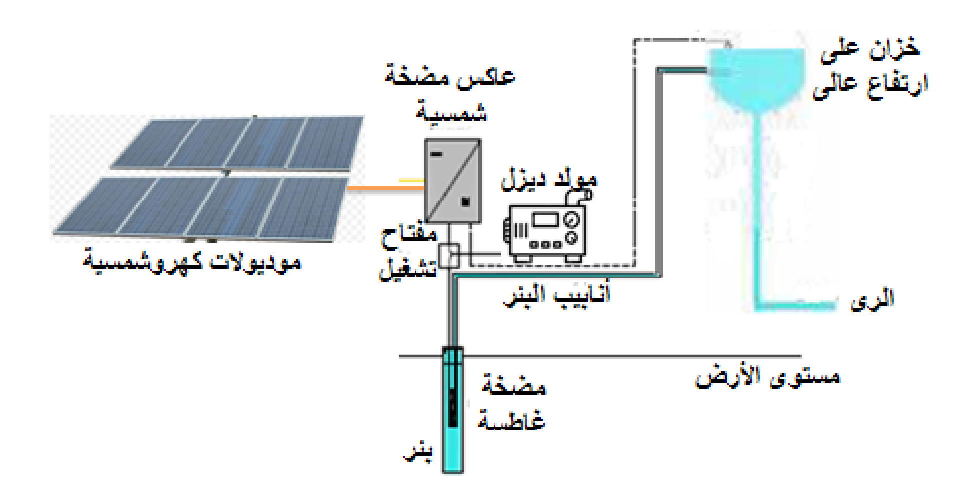
شكل (15) نظام ضخ مستقل بخزان على ارتفاع عالى



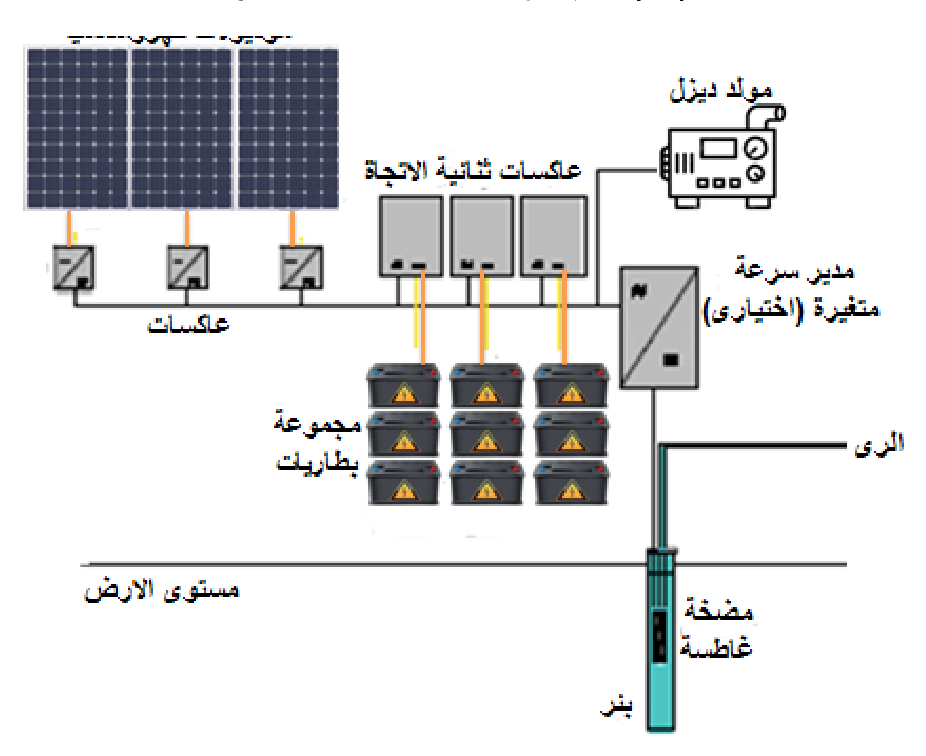
شكل (16) نظام ضخ مستقل بخزان أرضى ومضخة تغذية



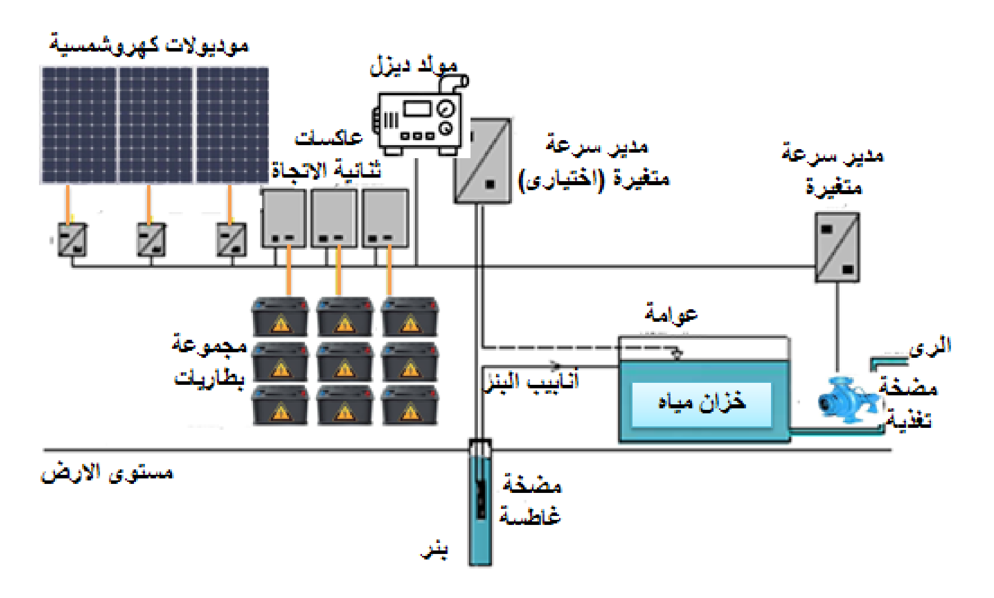
شكل (17) نظام ضخ هجين بمفتاح تشغيل



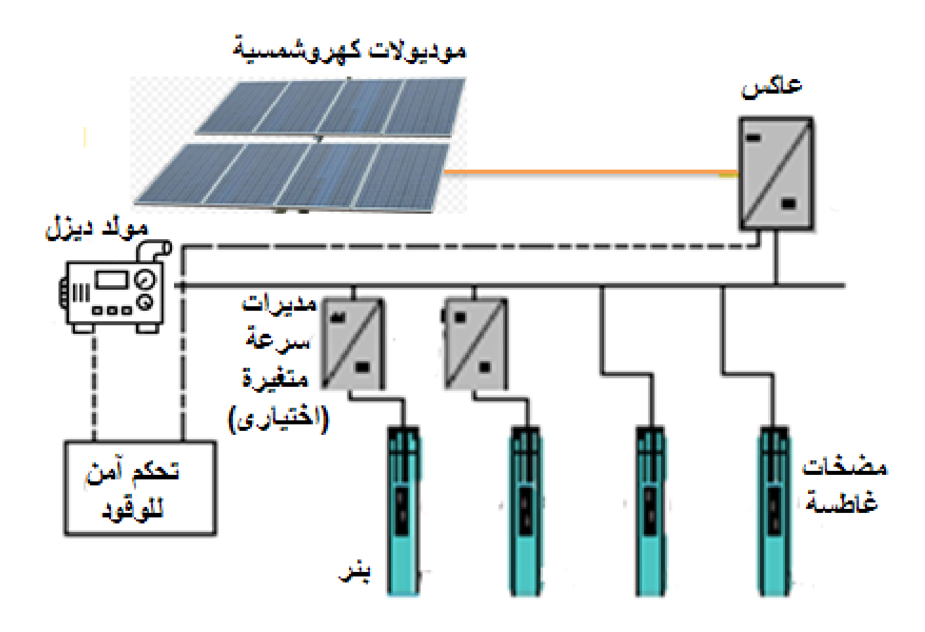
شكل (18) نظام ضخ هجين بخزان على ارتفاع عالى



شكل (19) نظام ضخ هجين بمجموعة بطاريات



شكل (20) نظام ضخ هجين بخزان أرضى ومضخة تغذية



شكل (21) نظام ضخ هجين بنظام أدارة اتوماتيكى

جداول إسترشادية

قدرة مكونات محطات الضخ بالطاقة الشمسية

يتم تصميم مكونات محطات الضخ بالطاقة الشمسية إعتمادا على كمية المياه المطلوبة بوحدة م3 /اليوم (أو بالجالون / دقيقة) بالإضافة إلى عمق البئر . يراعى أن يكون عمق التصميم بين 1.2:1.5 مرة من العمق الحقيقي للبئر.

يوضح الجدولان (14) ، (13) قدرات مكونات محطات الضخ بالطاقة الشمسية في حالتي عمق البئر ، 100 200 متر . ويبين جدول (15) المكونات باستخدام وحدات قدم و جالون / الدقيقة ، كأمثلة إسترشادية.

يوضح جدول (16) بيانات إسترشادية لمكونات محطات مضخات سطحية بالطاقة الشمسية في حالة قيم مختلفة لأقصى ارتفاع .

ويوضح جدول (17) بيانات إسترشادية لمكونات محطات مضخات غاطسة بالطاقة الشمسية في حالة قيم مختلفة لأقصى ارتفاع .

جدول (13) بيانات إسترشادية مكونات محطة الضخ بالطاقة الشمسية في حالة عمق البئر 100 متر

كمية المياه المطلوبة m3/day	قدرة المضخة HP	قدرة المضخة KW	قدرة الإنفرتر (KW)	قدرة المحطة الشمسية(KW)
7-10	1.5	1.1	1.1	1.5
13-18	2	1.5	1.5	2
20-29	3	2.2	2.2	3
41-64	5.5	4	4	5.6
57-81	7.5	5.5	5.5	8
79-128	10	7.5	7.5	10.5
109-221	12.5	9.2	11	13.5
177-388	20	15	15	22
219-423	25	18.5	18.5	27.5
281-460	30	22	22	31.5
323-545	33.5	25	25	35

Source: www. Jntechenergy.com

جدول (14) الضخ بالطاقة الشمسية في حالة عمق البئر 200 متر

قدرة المحطة الشمسية (KW)	قدرة الإنفرتر (KW)	قدرة المضخة KW	قدرة المضخة HP	كمية المياه المطلوبة m3/day
3.0	2.2	2.2	3	11-27
4.5	3	3	4	15-20
11.0	7.5	7.5	10	36-54
18	15	15	20	71-116
27.5	18.5	18.5	25	111-225
42.75	30	30	40	190-419
52.25	37	37	50	216-417
62.5	45	45	60	294-467
76.5	55	55	74	348-564

Source: www. Jntechenergy.com

جدول (15) استرشادي لبيانات مكونات محطات الضخ بالطاقة الشمسية

كفاءة النظام (%)	أقصى قدرة للخلايا (وات)	قدرة المحرك (وات)	معدل التدفق		المحرك		إرتفاع الضخ الديناميكي		باوند/ بوصة^2
			لتر/دقيقة	جالون/دقيقة	أمبير	فولت	متر	قدم	
0.0	62	50	6.6	1.75	1.66	30	0	0	0
0.14	68	54	6.4	1.7	1.8	30	7.0	23	10
0.23	77	62	6.3	1.65	2.05	30	14.1	46	20
0.27	96	77	6.1	1.6	2.55	30	21.1	69	30
0.29	116	92	5.9	1.55	3.08	30	28.2	92	40
0.34	119	95	5.7	1.5	3.16	30	35.2	116	50
0.38	124	99	5.5	1.45	3.31	30	42.3	139	60
0.41	131	105	5.3	1.4	3.5	30	49.3	162	70
0.42	139	111	5.1	1.35	3.7	30	56.3	185	80
0.43	147	118	4.9	1.3	3.92	30	63.4	208	90
0.44	154	123	4.7	1.25	4.11	30	70.4	231	100

Source: altE, s website

جدول (16) استرشـادي لبيانـات مكونـات محطات مضخـات سطحية بالطاقـة الشمسـية في حالـة قيـم مختلفـة لأقصـى ارتفـاع

المضخه (pump)		الخلايا الشمسيه (solar panel)		أقصى معدل سريان max flow (m3/h)	أقصى إرتفاع max head (m)	مقاس المخرج outer size (inch)
Voltage (V)	Power (W)	VMP (V)	Power (W)			
24	210	28-36	280-380	2.0	25	1×1
24	280	28-36	280-380	2.0	25	1×1
48	550	60-72	720-900	3.0	50	1×1
72	750	60-72	1000-1250	3.0	60	1×1
72	750	60-72	1000-1250	6.6	35	1.25×1

(http://www.ecotao.co.za/html/12volt-solarpump.html)

جدول (17) استرشادي لبيانات مكونات محطات مضخات غاطسة بالطاقة الشمسية في حالة قيم مختلفة لأقصى ارتفاع

مقاس المخرج outer size (inch)	أقصى إرتفاع max head (m)	أقصى معدل سريان max flow (m^3/h)	الخلايا الشمسيه (solar panel)		المضخه (pump)	
			Power (W)	VMP (V)	Power (W)	Voltage (V)
0.75	30	1	120-180	18-38	80	24
0.75	50	1.3	180-250	24-38	140	24
0.75	80	1.8	280-400	28-38	210	24
0.75	100	1.8	360-500	35-38	270	24
0.75	120	1.8	650-800	48-54	500	36
0.75	140	2.3	980-1200	60-75	750	48
0.75	160	2.3	1200-1500	72-80	1000	72
0.75	180	2.3	1500-1800	72-80	1200	72
1	60	3.0	700-850	48-55	500	36
1	80	3.6	1000-1300	62-75	750	48
1	100	4.0	1250-1500	72-80	1000	72
1	120	4.2	1550-1800	72-93	1300	72
1	14	2.6	230-300	24-36	180	24
1	32	2.8	400-500	28-38	300	24
1	52	3.2	650-800	48-56	500	36
1	85	3.2	1000-1250	60-75	750	48
1	106	3.2	1300-1680	72-80	1000	72
1.5	28	5.0	330-400	30-38	250	24
1.5	38	5.0	520-650	48-55	400	36
1.5	58	5.5	1000-1200	60-75	750	48
1.5	72	6.0	1250-1500	72-80	1000	72
1.5	98	6.5	1450-1680	72-80	1100	72
1.5	128	5.5	1500-1800	72-80	1200	72
1.5	156	6.6	1800-2100	88-96	1350	90
2	30	10	1000-1200	60-75	750	48
2	44	10	1300-1600	72-80	1000	72
2	57	10	1450-1680	72-80	1100	72
2	102	10	1800-2100	88-96	1350	90
3	18	36	1800-2100	88-96	1350	90
3	25	28	1800-2100	88-96	1350	90
2	35	16	2000-3000	380-550	1500	380
2	50	16	3000-3600	380-550	2200	380
2	70	16	4200-5000	520-660	3000	380
2	126	16	7000-9000	520-660	5500	380
2	126	16	9750-11000	520-660	7500	380

(http://www.ecotao.co.za/html/12volt-solarpump.html)

الباب السادس

ملحقات مضخات المياه والأعطال والإجراءات التصحيحية

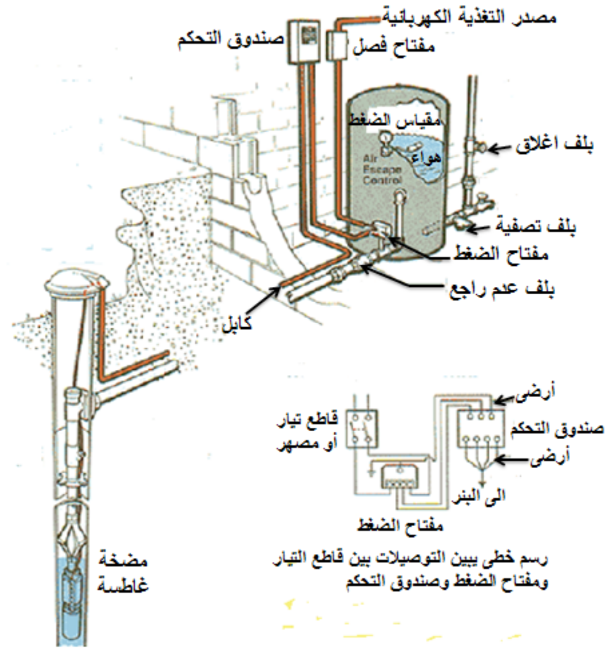
(ACCESSORIES FOR WATER PUMPS, SYMPTOMS AND CORRECTIVE ACTIONAS)

تعد الصيانة المنتظمة لنظم ضخ المياه أحد ضرورات الحفاظ عليها وعلى أدائها، ومن ثم ضرورة إجرائها بصورة سليمة وبكفاءة عالية، الصيانة تشمل الأعمال الدورية و اليومية مثل التشحيم و التزييت و استبدال الأجزاء المستهلكة في الأوقات المحددة ، مع اتباع إرشادات و تعليمات الصانع للحفاظ على النظام .
مثلا عند تعذر تشغيل المضخة أو عند تناقص قدرة المضخة أو الطرد (التفريغ) أثناء التشغيل ، يتم فوراً البحث عن السبب الذي أدى إلى ذلك، والبدء بالاجراءات اللازمة لعلاج المشكلة، ولقد أوضحت التطبيقات أن أغلب الأعطال تحدث في المضخات الطاردة المركزية - ما عدا الفشل الميكانيكي – الذى يرجع إلى دخول الهواء في مواسير السحب من خلال الملحقات مثل البلوف والوصلات والأكواع والملحقات الأخرى، و للحصول على أقصى سحب عند تركيب المضخة في موقع معين يجب منع دخول الهواء إلى داخل أنبوب السحب.

ملحقات مضخات المياه

تتضمن أنظمة ضخ المياه بالإضافة إلى المواسير ، العديد من الملحقات، كالأكواع والتفريعات (T-Connection) والتي تركب على المواسير لدى تغيير اتجاهها، كذلك تحتوي على العديد من التجهيزات، مثل بلوف عدم الراجع التى تسمح بالسريان باتجاه واحد فقط، وبلوف الهواء التي تؤمن طرد الهواء المتجمع عند النقاط المرتفعة وبلوف تخفيف الضغط التي تخفض الضغط في المواسير حتى لا يشكل ارتفاع الضغط خطراً على المواسير ووصلاتها.
بالاضافة الى العناصر الإلكترونية التي توفر حماية المضخات المائية و التحكم فيها (مثل المرحل الحراري لحماية المحرك من الحمل الزائد ، والكونتاكتور ، و مرحل تتابع الأوجه)

(أ) البلوف (Valves)
عبارة عن معدات ميكانيكية تُستخدم للتحكم في سريان سائل أو غاز في منظومة سريان معينة، أو في تنظيم الضغط في مواقع محددة من هذه المنظومة، ويتدرج قياس حجمها من بلوف قطرها عدة سنتمترات إلى بلوف قطرها عدة أمتار . فى أنظمة ضخ المياه توجد أنواع متعددة منها : بلف عدم الراجع ، بلف إدخال الهواء وإخراجه ، بلف تحكم ، بلف تقييد ، بلف إغلاق، بلف تصفية. فيما يلى توضيح للأنواع المستخدمة فى أنظمة الضخ ، يوضح شكلى (2) ، (1) موضع وأشكال بعض أنواع البلوف
(1) بلف التحكم (Control valve)
بلف يستخدم للتحكم في تدفق المياه عن طريق تغيير حجم مسار التدفق حسب توجيهات من جهاز التحكم. وهذا يتيح التحكم المباشر في معدل التدفق والتحكم الناتج عن كمية العمليات مثل الضغط ودرجة الحرارة ومستوى السائل.
(2) بلف تنفيس أو بلف تخفيف الضغط (Relief valve or pressure relief valve)
هو نوع من بلوف الأمان المستخدم للتحكم في الضغط أو الحد منه في النظام؛ وقد يتراكم الضغط ويؤدي إلى خلل في العملية ، أو عطل في الأجهزة أو المعدات ، أو حدوث حريق.



شكل (1) موضع بعض أنواع البلوف

(3) بلف منع الراجع (أو بلف الاتجاه الواحد) (Check Valve)

بلف يمنع التدفق العكسي للمياه ويحدد اتجاه السريان.

(4) بلف التحكم فى الهواء (Air Valve)

يمكن للهواء التجمع عند النقاط المرتفعة من الأنبوب الطويل مما يسبب انسداداً جزئياً له وإعاقة للسريان عبر الأنبوب . وتساعد بلوف إدخال وإخراج الهواء على حل هذه المشكلة إذ تسمح للهواء بالخروج آلياً من الأنبوب.

(5) بلف عوامة (Float Valve)

يقوم بتنظيم دخول المياه بحيث يقفل البلف تماما إذا ما وصل ارتفاع منسوب المياه فى الخزان إلى منسوب معين وذلك عندما يزيد معدل ضخ المضخة عن معدل الاستهلاك المطلوب ، ويجب أن يكون البلف مصنوع من مادةغير قابلة للصدأ

(6) بلف بوابة (Gate valve)

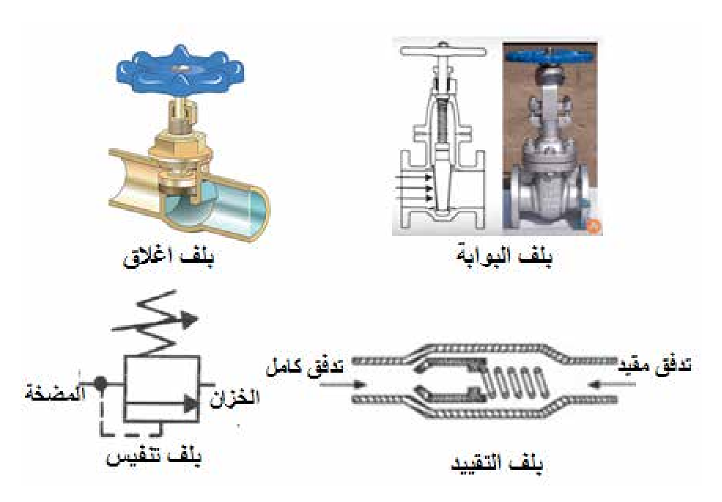
بلف يحتوى على قرص أو اسطوانة ، حيث يتحرك القرص بشكل عمودي لبدء أو إيقاف تدفق المياه في الأنابيب.

(7) بلف تقييد (Restrictor valve)

بلف يحد من تدفق المياه (أو تقييد التدفق) في أي اتجاه ، يتم استخدامه عادة لإبطاء سرعة رافعات غطاء البئر قبل بدء تشغيل المضخة ، يتم أغلاق بلف التقييد تمامًا. حتى يتم تشغيل المضخة وفتح بلف التقييد تدريجيًا على أن تكون المضخة إما (أ) الضخ عند العائد الكامل ، (ب) الضخ عند السعة المحددة ، أو (ج) تبدأ بضخ المياه المحتوية على الرمل. ففي الحالة الأخيرة ، ستبلى المضخات الغاطسة بسرعة كبيرة إذا احتوت المياه على كمية كبيرة من الرمل. وفي بعض الحالات، يمكن أن يتم تقييد المضخة باستخدام بلف التقييد ضروريا لمنع الرمل من رفع غطاء البئر عن المضخة. كما يجب عدم إيقاف المضخة أبدًا أثناء ضخ المياه الرملية. حيث يجب أن تكون المضخة مقيدة حتى الوصول إلى مياه نقية .

(8) بلف إغلاق (Shut off valve)

يعمل على الإغلاق الإيجابي لمنع التدفق داخل نظام المواسير، فمنه النوع الآمن الذى يتم تشغيله كهربائيا .



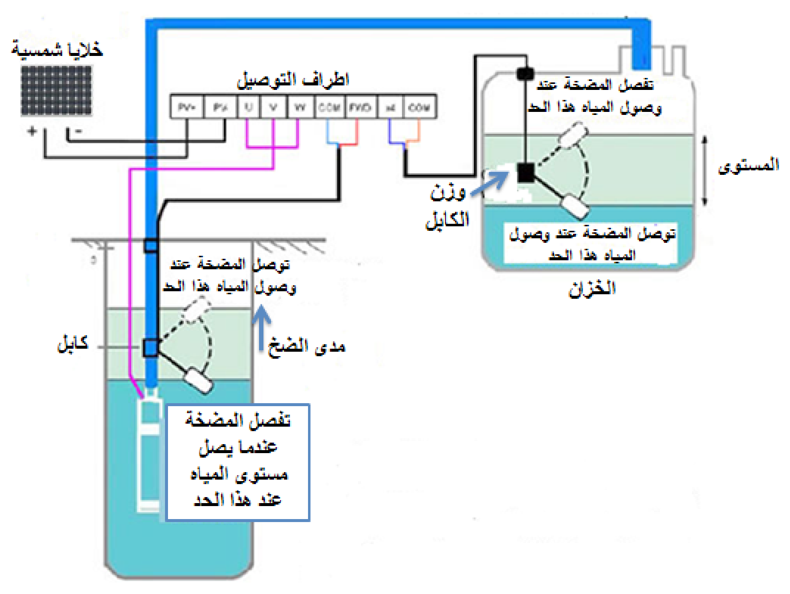
شكل (2) بعض أنواع البلوف

(ب) مقياس ومفتاح الضغط (pressure gauge and pressure switch)
لمراقبة المضخة والتحكم فيها ، يجب أن تحتوي المضخة على مقياس ضغط سحب ومقياس ضغط تفريغ مثبت على المضخة (أو على الاقل على جانب التفريغ فقط).
مفتاح الضغط يقوم بغلق كونتاكتور التوصيل الكهربى عند الوصول إلى ضغط معين لمياه المدخل. قد تكون خاصية المفتاح أن يتم إجراء التوصيل الكهربى إما عند ارتفاع أو انخفاض الضغط .
(ج) مفتاح العوامة (Floating switch)
هو نوع من حساسات تحديد المستوي، وهو جهاز يستخدم لتحديد مستوى المياه داخل الخزان. ويمكن استخدام المفتاح للتحكم في المضخة ، كمؤشر أو إنذار أو للتحكم في الأجهزة الأخرى. ولحماية المضخة ذات المدخل العلوي للمياه من انخفاض مستواها تحت بلف السحب في البئر، يقوم مفتاح العوامة بإيقاف تشغيل المحرك الكهربائي عندما ينخفض مستوى المياه إلى مستوى محدد يحافظ على استمرار غمر الطلمبة بالمياه، حيث يتم تجهيز معظم المضخات الغاطسة ذات فتحة السحب العلوية بمفاتيح عوامة. ويوضح شكل (3) مفتاح العوامة (أ) وضع الفصل (ب) وضع التوصيل ويبين شكل (4) عمل مفتاح العوامة بالخزان والبئر



شكل (3) مفتاح العوامة

(أ) وضع الفصل (ب) وضع التوصيل



شكل (4) عمل مفتاح العوامة بالخزان والبئر

(د) معدات حماية مضخات المياه

تتكون معدات حماية مضخات المياه بالطاقة الشمسية من : الكونتاكتور، المرحل الحراري

المرحل الحراري (Thermal relay)

الوظيفة الأساسية للمرحل الحراري ، الموضح بشكل (5) ، هي حماية المحرك من الحمل الزائد.

يتكون المرحل من :

- نقاط تلامس رئيسية تربط بالأوجه الثلاثة
- نقطتى تلامس ثانوية إحدهما مغلق في البداية (normally close) (NC)) والثانى مفتوح في البداية (normally open) (NO).
- زر التوقف (STOP)
- زر لاختيار نوعية إعادة التوقف أوتوماتيكي أو يدوي

يوضح جدول (1) مقنن المرحل الحرارى والمصهرات المناسبين للمحركات الكهربائية طبقا للقدرة

الكونتاكتور(contactor)

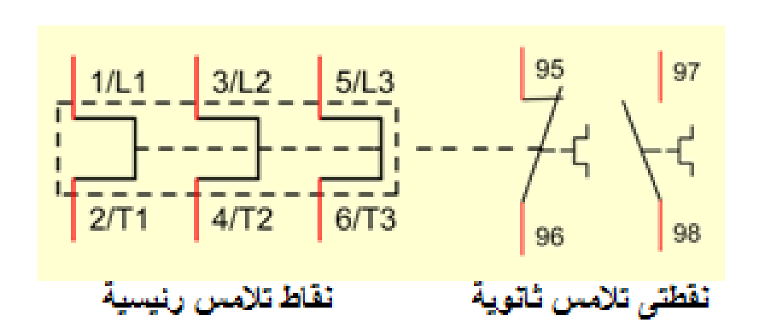
يتكون الكونتاكتور، الموضح بشكل (6) ، من ملف و نقط تلامس تغير وضعها حسب حالة الملف (يمر فيها تيار أم لا). فمثلا لو أن نقط التلامس مفتوحة عند البداية (وهى حالة عدم وجود تيار في الملف) فإنها ستغلق عند تمرير الكهرباء في الملف.أي الملف يستخدم للتحكم في نقاط التلامس. عادة يستعمل الكونتاكتور في الأنظمة ثلاثية الأوجه.

مرحل تتابع الأوجة الثلاثة (phase sequence relay)

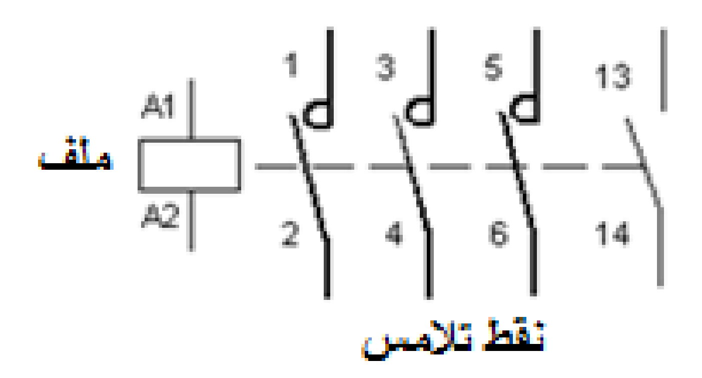
جهاز يستخدم لتفادي المشاكل التي تسببها الأوجه الثلاثة مثل عكس ترتيبهم أو ضياع أحد الأوجه أو تغير قيمة الجهد. كل هذه المشكلات قد تسبب أضرارا للمحرك .وهنا يأتي عمل مرحل التتابع حيث يفصل الكهرباء عن ملف الكونتاكتور لقطع الكهرباء عن المحرك الخاص بمضخة المياه

جهاز التحكم

جهاز إلكتروني فى المضخة يتحكم أو يعالج الطاقة بين المجموعة الشمسية والمضخة. ويقوم بأداء أي من الوظائف التالية : إيقاف وتشغيل المضخة ، حماية المضخة من التحميل الزائد ، وتحويل أو مطابقة الطاقة.
توضح الأشكال من (7) إلى (10) الدوائر الكهربائية لطرق التغذية الكهربائية للمضخة من خلال معدات مثل مفتاح الضغط ، مفتاح الفصل ، بادىء مغناطيسى ، سخانات



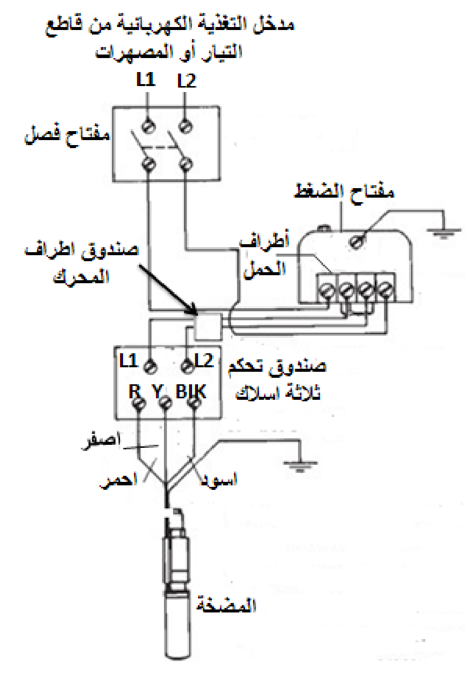
شكل (5) مكونات مرحل حرارى



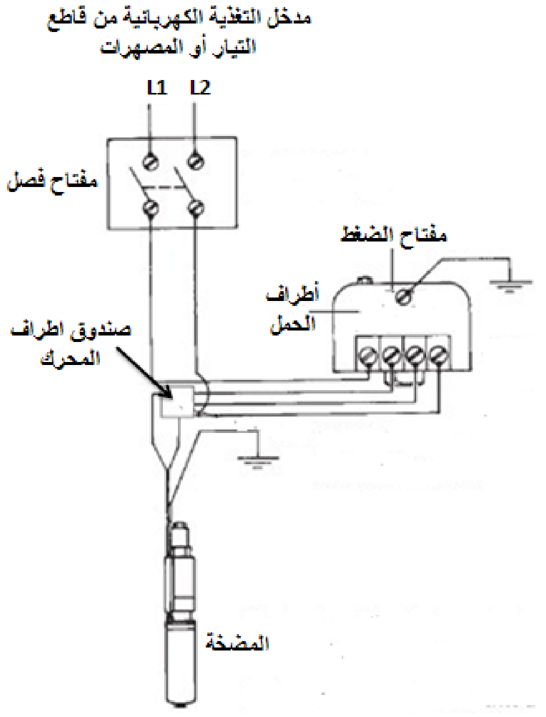
شكل (6) مكونات كونتاكتور

جدول (1) مقنن المرحل الحرارى والمصهرات المناسبين للمحركات الكهربائية طبقا للقدرة

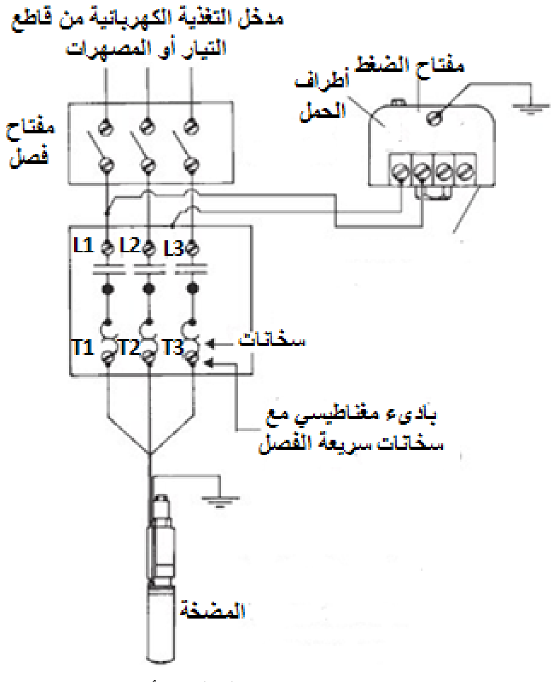
مصهرات	مرحل حرارى	محرك قفص سنجابى (400 / 380 فولت) – بداية تشغيل نجمة / دلتا			
A	A 0.58 In	A 0.58 In	In / A	HP	Kw
20	7......10	9.0	15.5	10.0	7.5
20	9…….13	10.7	18.5	13.5	9.0
25	9…….13	12.8	22.0	15.0	11.0
32	12…….18	17.4	30.0	20.0	15.0
40	16……..24	21.5	37.0	25.0	18.5
50	23……..32	25.5	44.0	30.0	22.0
63	30……..38	30.2	52.0	35.0	25.0
63	30……..40	34.8	60.0	40.0	30.0
80	37………50	41.8	72.0	50.0	37.0



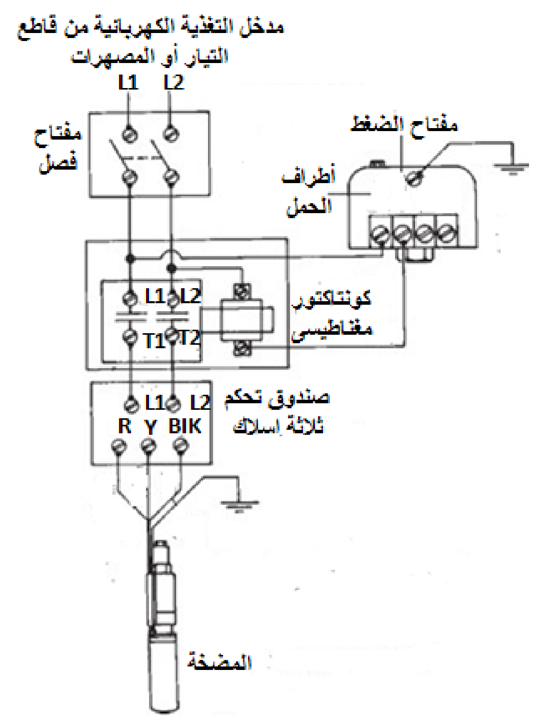
شكل (7) توصيل مباشر الي مفتاح الضغط ، ثلاث اطراف توصيل



شكل (8) توصيل مباشر الى مفتاح الضغط ، طرفين توصيل



شكل (9) توصيل ثلاثى الأوجه



شكل (10) توصيل ثلاثى مع كونتاكتور مغناطيسى

الأعطال والإجراءات التصحيحية

1) يراعى عند بدء تشغيل المضخة أن يكون بلف التحكم مقفلا أو مفتوحا قليلا .
2) مراقبة نوعية المياه الخارجة فى بداية الضخ والتى يجب أن تكون خالية من الطين أو الرمل أو أى شوائب أخرى. فى حالة احتواء المياه الخارجة من المضخة على طين أو رمل أو شوائب فمن الخطا توقف المضخة حتى لا يسبب تراكم حبيبات الرمل أو الطين داخل المضخة وعلى رأس بلف عدم الراجع، مما يسبب تعطيلها... أما الطريقة العملية إذا ظهرت هذه الشوائب فيتم قفل بلف التحكم جزئيا ويستمر الضخ حتى تصبح المياة الخارجة من المضخة نظيفة وخالية من أية شوائب، فتبدأ زيادة فتحة بلف التحكم وملاحظة ما إذا كان ازدياد معدل الضخ تسبب فى إخراج شوائب أخرى مع مياه البئر المضخوخة من عدمه...وإن وجدت يمكن تعديل فتحة بلف التحكم بحيث تصبح هذه الشوائب أقل ما يمكن .وتستمر عملية تعديل فتحة بلف التحكم هذه حتى يصل إلى الفتح الكامل وضخ المياه صافية بدون خروج أى شوائب من البئر، عندئذ يمكن إيقاف المضخة في أي وقت... وتكون جاهزة للعمل فى أى وقت آخر بصورة جيدة ...

يجب اتباع الاحتياطات الآتية عند تركيب المضخة في الآبار و/أو الخزانات البيولوجية:

- فى الآبار والخزانات المحتوية على غازات خطرة ، يجب ألا يترك المشغل بمفرده أثناء الصيانة في مثل هذه البيئات.
- قبل بدء العمل يتم تدوير الهواء في البئر.
- التأكد من أن معدات حبال السلامة والكلابات الخاصة بها تعمل بحالة جيدة قبل نزول العامل إلى البئر؛مع التأكد من عدم وجود أي خلل للرفع الفوري في حالة الطوارئ.
- التأكد من أن المضخة مغموره كلية في المياه ، لأن المياه هو وسط التبريد الخارجي وتستخدم العوامات لهذا الغرض ، حيث ترتبط العوامة بإرتفاع أعلى من سطح المضخه العلوي ، وبمجرد وصول مستوى المياه إلى هذا الحد تقوم العوامة بفصل دائرة التغذية الكهربائية عند المضخة (زيت المحرك هو وسط التبريد الداخلي).
- يراعى عدم إنزال المضخة لمستوى الطين في البئر.
- لا تحتاج المضخات الغاطسة إلى صيانة إلا بعد حوالي 6000 ساعة عمل أو ما يعادل سنتين عمل وذلك إذا كانت تعمل تحت ظروف عمل سليمة ومناسبة.
- يتم عمل صيانة المضخات طبقا لمواصفات وتوجيهات الصانع
- قبل القيام بأي إجراء يجب فحص مكثف بداية التشغيل (الموجود ضمن مكونات اللوحة الكهربائية) حيث أن عطل هذا المكثف يمنع المحرك من التشغيل.
- يمنع تركيب المضخات في الآبار، والخزانات والأحواض التي تحتوي على غازات، لإحتمال حدوث خطر الإنفجار.

إن أغلب أعطال المضخات الغاطسة سببه عطل كهربائي و بنسبة 90% والذى يمكن أن يؤدي إلى احتراق ملفات المحرك الكهربائي .

فيما يلى توضح الجداول (2) الى (5) الأعطال المحتمل حدوثها فى المحركات والمضخات والإجراءات التصحيحية لها

جدول (2) المحرك لم يبدأ التشغيل ، على الرغم من سلامه المصهرات

الأسباب المحتمله	الفحص	الإجراء التصحيحي
الجهد غير سليم	- فحص قاطع التيار والمصهرات للتأكد من سلامه تشغيلهم.	إعادة ضبط قاطع التيار أو عنصر زيادة الحمل.
عدم وجود الكهرباء	- فحص مصدر التغذية في صندوق التحكم(أو بصندوق الحماية ضد زيادة الحمل) بإستخدام فولتميتر وقياس مصدر دخول الكهرباء . - يجب أن تكون قيمة الجهد تقريبا مساوية لجهد الخط الإسمي.	في حالة عدم وجود كهرباء يتم الإتصال بشركة توزيع الكهرباء.
عطل صندوق التحكم	- فحص جميع التوصيلات بصندوق التحكم للتأكد من جودة التربيطات. - بإستخدام فولتميتر، يتم قياس الجهد على طرفي المحرك. في حالة عدم وجود جهد فإن العطل يكون بمفتاح الضغط أو صندوق التحكم.	- تصليح التوصيلات العاطلة . - إعادة تربيط نهايات الأطراف.
عدم دوران المضخة	- قياس مقاومة ملفات المحرك بإستخدام أوميتر. - التأكد من أن قيمة المقاومة المقاسه تتوافق مع المقاومة المحدده في بيانات الصانع . - إذا كانت قيمة المقاومة المقاسة منخفضه جدا تكون الملفات عاطلة أو خطأ في مقاس الأسلاك.	رفع المضخة والإتصال بخدمة العملاء.

جدول (3) المحرك في حالة تشغيل وحدث فصل لقاطع التيار أو فصل المحرك

الأسباب المحتملة	الفحص	الإجراء التصحيحي
الجهد غير سليم	- قياس الجهد في صندوق التحكم بإستخدام فولتميتر. - التأكد من أن الجهد المقاس في حدود الحد الأدنى والحد الأقصى المحدد من قبل الشركة الصانعة.	إذا وجد الجهد غير سليم يتم الإتصال بشركة توزيع الكهرباء التابع لها.
تسخين زائد لبادئ التشغيل أولدوائر التحكم (الكنترول)	إذا كان ضوء الشمس أو أى مصادر أخرى للحرارة مسلطة على صندوق التوصيل مما يجعله ساخنا ، فقد يزيد الحمل أو تنفصل المصهرات.	- يتم تهوية الصندوق. - يتم تغطية الصندوق. - إزالة مصدر الحرارة.
أعطال بمكونات صندوق التحكم (المضخات ثلاثية الوجه)	- تقاس مقاومة مكثف البداية بإستخدام أوميتر. - يقرأ الأوميتر صفر ثم يتحول إلى ما لا نهاية.	تستبدل المكونات العاطلة.

الأسباب المحتملة	الفحص	الإجراء التصحيحي
خلل بملفات المحرك أو الكابل	- تقاس مقاومة ملفات المحرك بإستخدام أوميتر من أطراف صندوق التحكم. - التأكد من أن قيمة المقاومه المقاسة تتطابق مع قيمة المقاومة المحددة بمعرفة الصانع والمسجلة على لوحة بيان المحرك. - إذا كانت قيمة المقاومة منخفضة ، فيرجع ذلك إلى أن مقاس الكابل غير صحيح وملفات المحرك عاطلة.	إذا لم يوجد أي عطل في الكابل أو الملفات ولا توجد دائرة قصر أو دائرة مفتوحة يتم رفع المضخة والكشف عليها.
تحميل زائد على المضخة	- أثناء عمل المضخة وفصلت المصهرات أوحدث زيادة حمل ، يتم قياس التيار (الأمبير). - إذا كان التيار المقاس أزيد من 5% من القيمة المسجلة على لوحة البيان ، هذا يشير إلى عطل بالمحرك أوالمضخة.	ترفع المضخة ويتم فك المحرك وإستبداله أو كليهما إذا كانا عاطلين.
إذا لم تعمل المضخة		يتم الإتصال بالمورد

جدول (4) المضخة لا تعمل

الأسباب المحتملة	الفحص	الإجراء التصحيحي
مستوى المياه بالبئر منخفض جدا	- إنخفاض مقدرة البئر على ضخ مياه تبعا لسعة المضخة. - عند إعاقة سريان مخرج المضخة، ينتظر حتى يعويض البئر ، ثم يبدأ عمل المضخة.	تخفيض مستوى المضخة بالبئر إذا كان العمق كافي. مع التأكد من عدم وجود إنسداد ناتج من الرمل.
تسريب في أنبوب السحب	يرفع الأنبوب ويفحص ويحدد مكان التسريب.	يستبدل الجزء العاطل في الأنبوب.
أجزاء المضخة بالية	- قد يحتمل وجود مواد مسببة للتآكل الزائد فى المياه تؤدى إلى تآكل في المروحة وجسم المضخة. - قبل إخراج المضخة ، قلل ضبط الضغط للتأكد من أنها تفصل.	إخراج المضخة وإستبدال الأجزاء البالية.
إذا ظلت المضخه لا تعمل		الإتصال بخدمة العملاء

جدول (5) المضخه تعمل ولكن السحب قليل أو لا تخرج مياه

الأسباب المحتمله	الفحص	الإجراء التصحيحي
يكون هواء المضخه مغلقا	- توقف المضخة ويعاد تشغيلها عدة مرات مع الإنتظار دقيقة بين كل مرة. - إذا أستأنفت المضخة السحب فإن العطل كان في قفل الهواء.	إذا لم ينجح هذا الإجراء في علاج المشكلة، تتبع إجراءات أخرى.
إنخفاض الجهد	- مراجعة الجهد على طرفي صندوق التحكم والمضخة تعمل. - التأكد من مقاس كابلات المصدر وكابلات تغذية المضخة.	- تستخدم كابلات مقاسات أكبر بين العداد و صندوق التحكم ،ومن صندوق التحكم وحتى المضخة . - الإتصال بشركة توزيع الكهرباء.
الإنخفاض الشديد في مستوى المياه بالبئر	- يمكن أن يكون معدل إسترجاع المياه بالبئر منخفض جدا مقارنة بسعة المضخة. - يكون مخرج المضخة محدد (مقيد) .	الإنتظار حتى إسترجاع مياه البئر وإعادة تشغيل المضخة.
بلف فحص خط التفريغ مثبت بالخلف	التأكد أن بلف فحص خط التفريغ في وضع السهم الذي يشير إلى إتجاه التدفق الصحيح	عكس وضع البلف إذا لزم الأمر.
تسريب في أنبوب السحب	رفع الأنبوب وفحص التسريبات.	إستبدال الجزء التالف من أنبوب السحب .
بلف عدم الراجع محشور بأنبوب السحب	يفحص موضع أنبوب السحب بمخرج المضخة. إذا كان الجزء الحلزوني لأنبوب السحب طويل فإنه يؤدي إلى حشر البلف في وضع الغلق.	يفك أنبوب السحب ويقطع جزء من النهاية الحلزونية.
مصفاة مدخل المضخة مسدودة	المصفاة مسدودة بالرمال أو الطين.	تنظف المصفاة ،وعند إعادة تركيب المضخة يراعى أن تكون على بعد عدة أقدام من قاع البئر يفضل أن تكون على بعد 10 أقدام أو أكثر.
أجزاء المضخة بالية	- قد يؤدي وجود مواد مسببة للتآكل في المياه إلى التآكل الزائد في مروحة وجسم المضخة. - قبل إخراج المضخة ،قلل من ضبط الضغط للتأكد من أنها تفصل.	إخراج المضخة وإستبدال الأجزاء البالية أو الهالكة
عمود المحرك غير مربوط بالمضخة	- يمكن أن يكون الربط بين عمود المحرك والمضخة بالي أو متآكل أو رباط غير جيد - تفحص هذه الحالة بعد رفع المضخة، وتحدد المكونات المتهالكة	- إعادة الرباطات وإستبدال الأجزاء البالية أو الهالكة
انسداد المضخة بواسطة فقاعة هواء أو جيب الهواء	يسبب وجود هذا الجيب عدم خروج المياه نهائيا من المضخة	علاج أنسداد المضخة
إذا كانت المضخة لا تعمل بشكل سليم		الإتصال بخدمة العملاء

ارشادات عامة

- تعتمد المضخة الغاطسة على نوعية الرولمان بلي حيث أن حوالى 70% من أعطالها يسببه خلل أو كسر بالبلي وبالأخص بلي الارتكاز الذى يكون عليه الضغط الأكبر لذا يجب أن يراعى ذلك لأن حدوث عطل فيه يؤدى إلى هبوط بالقلب مما يؤدي إلى دخول المياه
- بعض الأشخاص ينزعون البلف من مكانه المخصص بالمضخة وهذا يسبب في تآكل أسنان المحرك الواصلة بالمضخة وأحيانا يتآكل لعدم ثبات مستوى الجهد الكهربى
- مراعاة عدم تسرب المياه من الخط الرئيسي حتى لا يؤدي هذا إلى انخفاض الضغط وزيادة التصرف
- علاج حدوث ضجيج في المضخة والذى يمكن أن يرجع إلى :

1- ضجيج هيدروليكي عالي بسبب وجود تجويف هوائي في عمود السحب، يمكن التأكد من ذلك بواسطة جهاز خاص لقياس الضجيج.

2- احتمال حدوث أعطال ميكانيكية، مثل انحناء عمود الدوران أو ارتخاء في بعض الأجزاء الدوارة أو تلف أوانكسار في كراسي المحور أو عدم انتظام اتجاه المضخة مع اتجاه المحرك

- قبل بدء العمل يتم تدوير الهواء في البئرو التأكد من أن معدات السلامة والامن فى حالة سليمة
- فى المضخات التى تعمل بنظام كهرباء ثلاثى الأوجه ، يراعى قياس دوران الثلاثة أوجه منعا لدوران المحرك فى الاتجاه العكسى ...
- قبل القيام بأي إجراء يجب علينا فحص مكثف بداية التشغيل (موجود ضمن اللوحة الكهربائية) حيث أن تعطل هذا المكثف يمنع المحرك من التشغيل .
- قياس مقاومة عزل المحرك باستخدام ميجر ، ويتم ذلك بالقياس بين أطراف المحرك والأرضي (أو المواسير المعدنية المستخدمة) ، مع مراعاة عمل الآتى قبل إجراء القياس :
  - فصل قاطع التيار
  - فك جميع اطراف التوصيلات من صندوق التحكم أو مفتاح الضغط

يوضح جدول (6) قيم استرشادية لمقاومة عزل المحرك

جدول (6) قيم استرشادية لمقاومة عزل المحرك

حالة المحرك وكابلات التوصيل	قيمة مقاومة العزل (ميجاأوم)
محرك جديد ، بدون كابلات القوى	20
محرك مستعمل (والذى يمكن استعمالة)	10
المحرك فى البئر – قياس المقاومة للمحرك وكابل القوى	
محرك جديد	2.0
محرك فى حالة جيدة	0.5 - 2.0
المحرك يمكن ان يكون تالف أو الكابل عاطل (يرفع المحرك للاصلاح)	0.02 - 0.5
المحرك بالتاكيد عاطل مع احتمال عطل الكابل(يرفع المحرك للاصلاح)	0.01 - 0.02

Source: 2000 Yeomans Chicago Corporation

الغازاتٍ في الآبار

- أحيانا تحتوي الآبار القديمة التي تبلغ أعماقها 15 مترا أو أكثر على غازات سامة
- ثاني أوكسيد الكربون هو المكون الرئيسي لهذه الغازات
- يتم اختبار وجود ثاني أوكسيد الكربون بإنزال شمعة أو مصباح غازي في البئر فإذا انطفأت الشعلة أو خف وهج الضوء فمعنى ذلك وجود كميات كبيرة من الغازات الثقيلة
- يتجمع ثاني أوكسيد الكربون في أسفل الآبار لكثافته العالية
- غالبا ما يتجمع في الآبار العميقة المغطاة جزئياً
- يسبب هذا الغاز ضيق فى التنفس
- توافر مصدر تهوية أثناء حفر الآبار المتوسطة العمق بينما تكون مطلبا أساسيا بالنسبة للآبار العميقة

طرق إزالة ثاني أوكسيد الكربون من الآبار

يمكن استخدام إحدى الطرق التالية لتحريك وتجديد وإنتاج تيارات هوائية داخل البئر:

1 - استعمال مياه الجير(هو محلول مشبع من الجير المطفأ في المياه ، يتعكر مياه الجير عند تمرير غاز ثنائي أكسيد الكربون فيه بسبب ترسب كربونات الكالسيوم)

2 - وضع رمال في البئر

3 - تحريك وعاء به جمر نار متوهج إلى أعلى وإلى أسفل داخل البئر

4 - إنزال ورفع حزمة من فروع الأشجار ذات الأوراق أو حزمة من الأعشاب أو أكياس مربوطة ببعضها

اجراءات الصيانة

تعد الصيانة المنتظمة لمكونات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية أحد ضرورات الحفاظ عليها وعلى أدائها، ومن ثم ضرورة إجرائها بصورة سليمة وبكفاءة عالية، الصيانة تشمل الأعمال الدورية و اليومية مثل التشحيم و التزييت و استبدال الأجزاء المستهلكة في الأوقات المحددة ، مع اتباع إرشادات و تعليمات الصانع للحفاظ على مكونات النظام.

يوضح جدول (7) اجراءات الصيانة المطلوبة طبقا لنوع الأنظمة المستقلة لضخ المياه بالطاقة الشمسية

ويوضح جدول (8) اجراءات الصيانة المطلوبة طبقا لنوع الأنظمة الهجين لضخ المياه بالطاقة الشمسية

جدول (7) اجراءات الصيانة المطلوبة طبقا لنوع الأنظمة المستقلة لضخ المياه بالطاقة الشمسية

الإجراء	نظام مستقل			
	ري مباشر	ري مباشر + بطاريات	مع خزان على إرتفاع عالي عن الارض	مضخة تغذيه + خزان على مستوى الأرض + بطارية
نظافة الموديولات دوريا من شهر إلى ثلاثة أشهر، تبعا لحالة البيئة المحيطة	√	√	√	√
فحص النظام كل 6 أشهر	√	√	√	√
فحص البطارية طبقا لدليل الصانع		√		√
فحص الخزان دوريا ضد الصدأ ،إعتمادا على التكنولوجيا والمادة المستخدمه			√	√
صيانة مضخة التغذيه طبقا لدليل الصانع				√

جدول (8) اجراءات الصيانة المطلوبة طبقا لنوع الأنظمة الهجين لضخ المياه بالطاقة الشمسية

الإجراء	نظام هجين				
	شمسي / ديزل + مفتاح تشغيل	شمسي / ديزل + خزان على إرتفاع	شمسي / ديزل + بطاريات	شمسي/ ديزل + مضخة تغذية + خزان على مستوى الارض	شمسي / ديزل + نظام إدارة أتوماتيكي
نظافة الموديولات دوريا من شهر إلى ثلاثة أشهر ، تبعا لحالة البيئة المحيطة	√	√	√	√	√
فحص النظام كل 6 أشهر	√	√	√	√	√
فحص البطارية طبقا لدليل الصانع			√		
فحص الخزان دوريا ضد الصدأ ،إعتمادا على التكنولوجيا والمادة المستخدمه	√	√		√	
صيانة مضخة التغذيه طبقا لدليل الصانع				√	
صيانة مولد الديزل طبقا لدليل الصانع	√	√	√	√	√

الباب السابع

تطبيقات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

(APPLICATIONS OF SOLAR WATER PUMPING SYSTEMS)

إن أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية لها المقدرة على ضخ المياه لكل من أنظمة الري (مثل القنوات المفتوحة-التنقيط – الرشاشات – الغمر) بالإضافة إلى التجمعات السكنية. ولإجراء تطبيقات لأنظمة الضخ يجب إتباع الخطوات التالية:

- تحديد كمية المياه المطلوبة
- تحديد مصدر المياه
- تصميم خزان المياه
- الإشعاع الشمسي المتاح
- تحديد معدل سريان المياه
- تحديد إرتفاع الضخ الديناميكي
- إختيار المضخة
- تصميم نظام الفوتوفلتية

حيث يوضح جدول (1) مراحل تحديد متطلبات أنظمة المضخات، سيتم فيما يلي تعريف كل متغيرذكر في الجدول.
يبين جدول (2) تعريفات متغيرات مصدر المياه
كما أن الضخ بالطاقه الشمسية مناسبا لتطبيقات الري ذات معدل السريان المنخفض والضغط المنخفض، لذا تعتبر أنظمة ري القنوات المفتوحه والري بالتنقيط أكثر الطرق مناسبة عند تشغيل المضخات بالطاقه الشمسية، ويوضح جدول (3) أنواع وخصائص طرق الري.
يتم إختيار نوع المضخة الغاطسة تبعا لإرتفاع الضخ ومعدل السريان، كما هو موضح بجدول (4). وتبين الجداول (8) ، (7) ، (5) تعريفات متغيرات طلب المياه، والارتفاع الكلى ، والموارد الشمسية ، بينما يوضح جدول (6) معدل الإستهلاك اليومي للمياه لتطبيقات مختلفة

جدول (1) مراحل تحديد متطلبات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

المحددات	المتغيرات	النتائج
1- مصدر المياه (water source)	• عمق المياه • مستوى المياه • السعة الموردة	• نوع المضخة • قدرة المياه المتاحة
2- حد الطلب على المياه (water demand)	• نمط الاستهلاك • سعة التخزين	حجم التخزين
3- الارتفاع الكلي (Total head)	• الارتفاع الاستاتيكي • الارتفاع الديناميكي	مقاس المضخة
4- الطاقة الشمسية (Solar Energy)	• أشعة الشمس • ذروة ساعات الشمس	مقاس الألواح الشمسية
5- معدل التدفق (flowrate)		مقاس المضخة
المكون المطلوب تحديد مقاسه	البيانات المطلوب	
المضخة	• معدل التدفق • الارتفاع الكلي	
مصفوفة الألواح الشمسية	مقاس المضخة	

جدول (2) تعريفات متغيرات مصدر المياه

المتغير	التعريف
عمق المياه (water depth)	عمق المياه يحدد هل تستخدم مضخة سطح أم لا. عند عمق البئر أكثر من 7m تحت مستوى الأرض ، يوصى باستخدام مضخة غاطسة حتى لو كانت أكثر تكلفة.
مستوى المياه (water level)	تعتمد على وضع المضخة الغاطسة، مع مراعاة ترك سماحية بين قاع البئر والمضخة.
السعة الموردة (delivery capacity)	مقياس لسعة مصدر المياه لتجهيز مياه بطريقة مستدامة. السحب الزائد عن السعة الموردة المحددة يؤدي إلى أن يصبح البئر جافا، أي أن يتعدى معدل التفريغ معدل إحلال مياه المصدر.

جدول (3) بعض خصائص طرق الري وكفاءة التطبيق بالضخ الشمسي

طريقة الري	كفاءة التطبيق	الإرتفاع النموذجي
قنوات مفتوحة (open channels)	50% - 60%	0.5 – 1 m
التنقيط (drip)	85%	1 – 2 m
رشاشات (sprinklers)	70%	10 – 20 m
الغمر (flood)	40% - 50%	0.5 m

جدول (4) أنواع المضخات الغاطسة وخصائص تشغيلها (m3/d)

نوع المضخة	الإرتفاع (m)	معدل السريان (m3/d)	ملاحظات
مركزية (centrifugal)	0 – 80	6 – 20	مثل المضخات التقليدية
عضو دوار حلزوني (helical rotor)	50 – 150	> 20	مضخه قوية : جزء واحد
الحجاب الحاجز (diaphragm)	0 – 150	2 – 5	معقدة : أجزاء متحركة متعددة لذا تحتاج تشحيم

جدول (5) تعريفات متغيرات طلب المياه

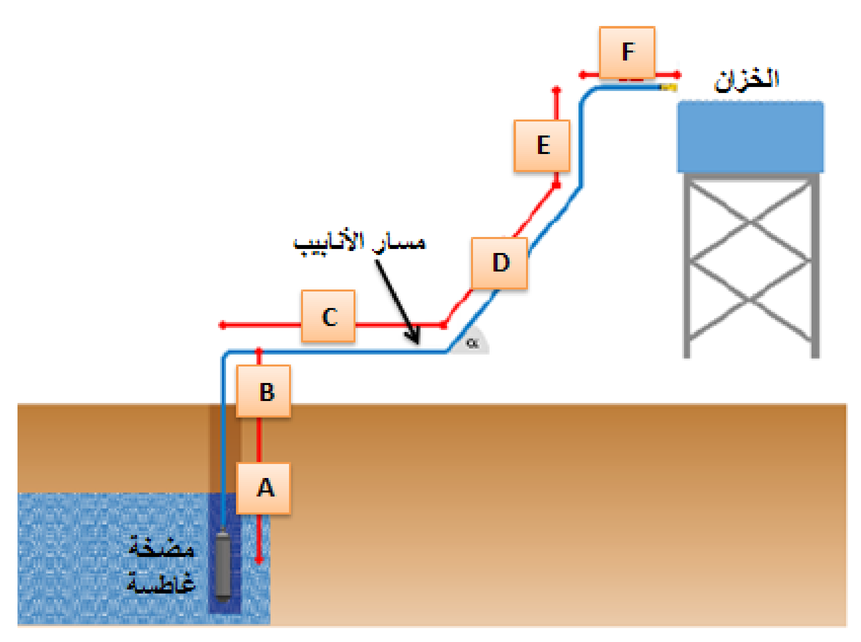
المتغيرات	التعريف
نمط الاسنهلاك (consumption profile)	طلب المياه يعتبر العامل الأهم المؤثر على مقاس نظام الضخ . ويحسب من معدل إستهلاك المياه اليومي وفي بعض الأحيان يعرف بالمعدل في الساعة. يوضح جدول (6) القيم المتوسطة المستخدمة لمؤشرات عالمية لمعدل الإستخدام اليومي للتطبيقات المختلفة (سكني – ماشية ،الري)
سعة التخزين (storage capacity)	هو حجم المياه المراد تخزينها للحصول على مصدر كافي ومستمر للمستهلك النهائي. وسعة الخزان، عادة، تعادل الاحتياج من المياه لمدة يومين أو ثلاثة أيام إلى 10 أيام اعتمادا على المكان وأنماط الاستهلاك. فمثلا إذا كان الطلب اليومي للمياه 2000 لتر، فإن حجم الخزان يجب ألا يقل عن 6000 لتر، ويمكن أن يصل إلى 20000 لتر في بعض التطبيقات. للتأكد من أن الخزان كافيا، فإن نظام الضخ يحتاج إلى زيادة سعة المياه من 10% إلى 40% تبعا للتطبيقات.

جدول (6) معدل الإستهلاك اليومي للمياه لتطبيقات مختلفة

التطبيق	الوحدة	معدل الإستهلاك اليومي (L /day)
السكني	شخصي	50 – 150
الماشية	بقرة حلوب	95
	حصان أو بقر تسمين	76
	خروف أو ماعز	7.6
	دجاجة	1.5
الري	الأرز (1 هكتار)	100
	حبوب (1 هكتار)	45
	خضروات (1 هكتار)	50
	قصب سكر (1 هكتار)	66

جدول (7) تعريفات متغيرات الارتفاع الكلي

المتغيرات	التعريف
الارتفاع الاستاتيكي (static head)	هو الارتفاع بين مستوى الأرض ومستوى التخزين. ويجب أن يكون هذا الارتفاع أقل مايمكن وذلك لتقليل متطلبات الرفع للمضخة، ولكن تحتاج أيضا لأن يؤخذ في الاعتبار مناسبة مكان الخزان، كل متر من حسابات الارتفاع تعتبر مترا واحدا من الارتفاع الديناميكي.
الارتفاع الديناميكي (dynamic head)	يستخدم رقم تقريبي لقياس مسافة الأنابيب من مستوى الأرض إلى حجم التخزين في الآتجاه الأفقي، يراعى أن المسار الأفقي المطلوب هو 5% من المسافة الأفقية غير المائلة (يوضح شكل (1) ذلك)



الارتفاع الكلى $= A + B + (C \times 5\%) + (D \times \cos\alpha) + E + (F \times 5\%)$

شكل (1) تطبيق لحساب الإرتفاع الكلى

جدول (8) تعريفات متغيرات مصادر الطاقة الشمسية

المتغيرات	التعريف
أشعة الشمس (solar radiation)	تبعا لمكان تركيب نظام الضخ، يحدد مستوى الاشعاع الشمسي السنوي والشهري بوحدة kwh/m^2 ، مع تحديد أى الأشهر هو الأقصى، وذلك باستخدام أحد برامج الحاسب الآلي الخاصة بتحديد الاشعاع الشمسي طبقا للموقع المختار.
ذروة ساعات الشمس (peak sun hours) (PSH)	تعني متوسط الساعات المكافئة للطاقة الشمسية الكاملة المستقبلة في اليوم، والتي تختلف اعتمادا على الموقع وميل الألواح (ذروة ساعات الشمس الواحدة في اليوم $1\ Kw\ h/m^2$

تحديد قدرة المضخة

لتحديد قدرة المضخة يلزم معرفة معدل السريان المطلوب والإرتفاع الديناميكي الكلي والكفاءة ويحسب معدل السريان المطلوب بمعرفة كل من كمية طلب المياه (m^3/day) وعدد ذروة الساعات الشمسية (h/day) كما في المعادلة الآتية:

عدد ذروة الساعات الشمسية (PSH)	÷	كمية طلب المياه (demand)	=	معدل السريان (flow rate)
(h/day)		m^3/day		m^3/h

بعد تحديد كل من معدل السريان والإرتفاع الديناميكي الكلي يتم تحديد مقاس المضخة بأي من الطرق الآتية:

(أ) منحنيات المضخات المقدمة من المصنعين (أو الموردين) والتي تحتوي على عدة منحنيات كل منحنى يمثل الإرتفاع الديناميكي الكلي، فالمحور الرأسي يمثل معدل السريان، والمحور الأفقي يمثل مقاس المضخة. ومن أمثلة ذلك شكلى (3) ، (2).

(ب) جداول تحتوي على مقاس المضخة بدلالة الإرتفاع الديناميكي الكلي ومعدل السريان. ومن أمثلة ذلك الجدولين (10) & (9)

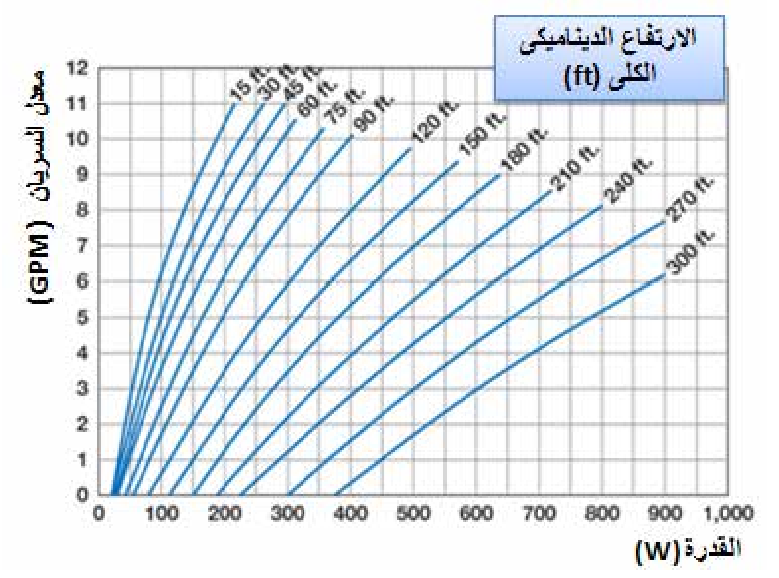
(ج) طريقة الحساب اليدوية

(د) تطبيقات وبرامج الحاسب الآلي المجهزة للحصول على مقاس المضخة ،

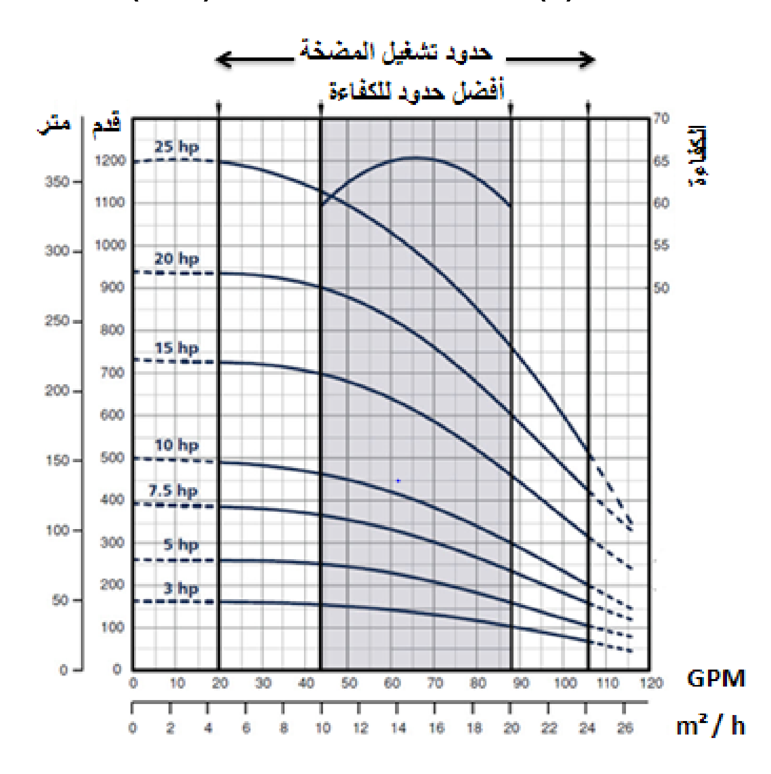
مثل :

برنامج (PVSYS, software) أو تطبيق

(http://play.google.com/store/apps/details?id=appinverter.ai-ahaanwar2.shams-copy)



شكل (2) منحنيات خصائص المضخات (القدرة)



شكل (3) منحنيات خصائص المضخات (القدرة والكفاءة)

جدول (9) خصائص المضخات الشمسية (غاطسة - مركزية) (تيار مستمر)

الإرتفاع الديناميكي الكلي (m)	المخرج (mm)	الجهد (v)	معدل السريان (m^3/h)	قدرة المضخه (w)	قدرة الخلايا الشمسية المقترحة (w)
10	25	12v (10 -20v)	3	132	300
20				264	650
30				396	1000
10		24v (18 - 40v)		192	400
20				384	450
30				576	1200
40				768	1550
50				960	2100
60				1152	2500
70				1344	2800
80				1536	3300
90				1728	3800
100				1920	4000

جدول (10) خصائص المضخات الشمسية (تيار مستمر)

أقصى إرتفاع للمياه (m)	الجهد المقنن (v) DC	التيار المقنن (A)	أقصى معدل سريان (L/m)	قدرة المضخة (w)
6	12	2.2	17	26.4
8		2.8	20	34.0
6		2.2	16	26.4
8		2.8	19	34.0
6		2.2	17	26.4
8		2.8	20	34.0
8	24	1.5	19	36.0
11		2	24	48.0
8		1.5	18	36.0
11		2	22	48.0
8		1.5	19	36.0
11		2	24	48.0

وفيما يلى توضيح لـ «طريقة الحساب اليدويه»
يتم حساب القدرة الهيدروليكية ثم قدرة عمود الدوران للمضخة كما يلي:

القدرة الهيدروليكية (hydraulic power)	=	معدل السريان) (flow rate)	×	الإرتفاع الديناميكي الكلي (TDH)	×	ρ	×	G	÷	3600
W		m^3/h		m		kg/m^3		m/s^2		s/h

حيث
(للمياه عند متوسط درجة الحرارة) 1000 kg/m^3 = p =الكتلة النوعية للمياه (water density)
(acceleration gravity) تسارع الجاذبيه = G = 9.8 m/s^2

قدرة عمود الدوران (shaft power)	=	القدرة الهيدروليكية (hydraulic power)	÷	كفاءة المضخة (pump efficiency)
w		w		-

ثم يتم تحديد قدرة المصفوفة الشمسية
تحدد قدرة المصفوفة تبعا للمعادلة الآتية:

القدرة (PV power)	=	قدرة المضخة (pump power)	÷	عامل الكفاءة (efficiency factor)	×	كفاءة العاكس (inverter efficiency)
W		W		-		-

يؤخذ ،عادة، عامل الكفاءة 80%، وتكون كفاءة العاكس حوالى 95% - 80%، عند إستخدام مضخات DC لا تضاف كفاءة العاكس في المعادلة السابقة.
وتبعا لإختيار الموديلات المكونة للمصفوفة الشمسية يتم تحديد عدد الموديولات المتصلة على التوالي و/ أو على التوازي إعتمادا على قيم الجهد والتيار بمواصفة المضخة.
لذلك يستخدم توصيل الموديولات على التوالي لجمع جهود المخرج معا، بينما يحفظ التيار المار بهم ثابت.
و في التوصيل على التوازي تجمع التيارات معا ، و يحفظ جهد المخرج لهم ثابت.

أداء النظام (system performance)

يلاحظ تغير مخرج المضخة الشمسية موسميا إعتمادا على مستوى الإشعاع الشمسي وقدرة المضخة.
وتحسب الطريقة المبسطة لتقدير حجم المياه المضخوخة، بإستخدام نفس خطوات تحديد القدرة ولكن بعكس الخطوات كالآتي:

قدرة عمود الدوران (shaft power)		قدرة الألواح الشمسية (PV power)		عامل الكفاءة (efficiency factor)		كفاءة العاكس (inverter efficiency)
W	=	WP	×	-	×	-

القدرة الهيدروليكية (hydraulic power)		قدرة الألواح الشمسية (PV power)		عامل الكفاءة (efficiency factor)		كفاءة العاكس (inverter efficiency)		كفاءة المضخة (pump efficiency)
W	=	WP	×	-	×	-	×	-

حيث

القدرة الهيدروليكية (hydraulic power)		حجم المياه (water volume)		ذروة الساعات الشمسية (PSH)		الإرتفاع الديناميكي الكلي (TDH)		2.722
W	=	m^3/day	÷	-	×	m	×	$kg.h/s^3.m^2$

$p = 1000\ kg/m^3$

$G = 9.8\ m/s^2$

$$kg.h/s^3\ m^2 = \frac{(1000\ kg\ /\ m^3)\ (9.8\ m/s^2)}{3600\ (s/h)} = 2.722$$

الخلاصة

حجم المياه (water volume)		قدرة الألواح الشمسية (PV power)		الكفاءة η		ذروة الساعات الشمسية (PSH)		الإرتفاع الديناميكي الكلي (TDH)		2.722
m^3/day	=	WP	×	-	×	h/day	÷	m	×	$kg.h/s^3.m^2$

حيث

η = عامل عدم تطابق المصفوفة × كفاءة النظام الفرعى اليومى

ويكون متوسط عامل عدم تطابق المصفوفة (array mismatch factor) حوالى0.85

وتتراوح كفاءة النظام الفرعى اليومى (daily subsystem efficiency) بين 0.25 – 0.40

إعتمادا على تغيير الإشعاع الشمسي شهريا ،يتغير أيضا حجم المياه المضخوخ

حالة تطبيقية (1)

أ. ري مزرعة أرز بياناتها:

- المساحة = 38 هكتار أرز

من جدول (6)

1 هكتار أرز يحتاج 100 لتر مياه /اليوم أي يحتاج 0.1 متر مكعب /يوم

ب. عمق البئر = 6 أمتار

الإرتفاع الديناميكي الكلي (TDH)=16 متر

ج. ذروة ساعات الشمس (PSH)(عند زاوية ميل 22^o) = 5ساعات/يوم

د. عدد أيام التخزين = 3 أيام

ه. متوسط ذروة ساعات الشمس / شهريا ، كما فى الجدول التالى

الشهر	ذروة ساعات الشمس	الشهر	ذروة ساعات الشمس
يناير	5.04	يوليو	7.27
فبراير	5.67	أغسطس	7.30
مارس	7.08	سبتمبر	7.08
ابريل	6.88	أكتوبر	6.60
مايو	7.08	نوفمبر	5.54
يونيه	7.26	ديسمبر	4.90

فيما يلي خطوات تحديد نظام الضخ الشمسي

1- تحديد حجم التخزين ومعدل السريان

<table>
<tr><td>3.8</td><td rowspan="2">=</td><td>للتحويل
0.1</td><td rowspan="2">×</td><td>المساحة38</td><td rowspan="2">=</td><td>الطلب (demand)</td></tr>
<tr><td>m³/d</td><td>m³/d</td><td>-</td><td>m³/d</td></tr>
<tr><td>0.76</td><td rowspan="2">=</td><td>ذروة ساعات الشمس
5</td><td rowspan="2">÷</td><td>3.8</td><td rowspan="2">=</td><td>معدل السريان
(flow rate)</td></tr>
<tr><td>m³/h</td><td>h/d</td><td>m³/d</td><td>m³/h</td></tr>
<tr><td>11.4</td><td rowspan="2">=</td><td>عدد الايام
3</td><td rowspan="2">×</td><td>الطلب
3.8</td><td rowspan="2">=</td><td>التخزين (storage)</td></tr>
<tr><td>m³</td><td>d</td><td>m³/day</td><td>m³</td></tr>
</table>

2 - تحديد نوع وقدرة المضخه

نظرا لأن عمق البئر 6 أمتار (أي أقل من 7 أمتار) فيوصى بإستخدام مضخة سطحيه.
بإستخدام شكل (4) الذي يوضح العلاقه بين الإرتفاع الديناميكي الكلي (TDH) بوحدة قدم ومعدل السريان بوحدة GPM ،نحصل على مقاس المضخه بوحدة «وات».

عند الإرتفاع الديناميكي الكلي (TDH) = 16 m

= 52.5 ft

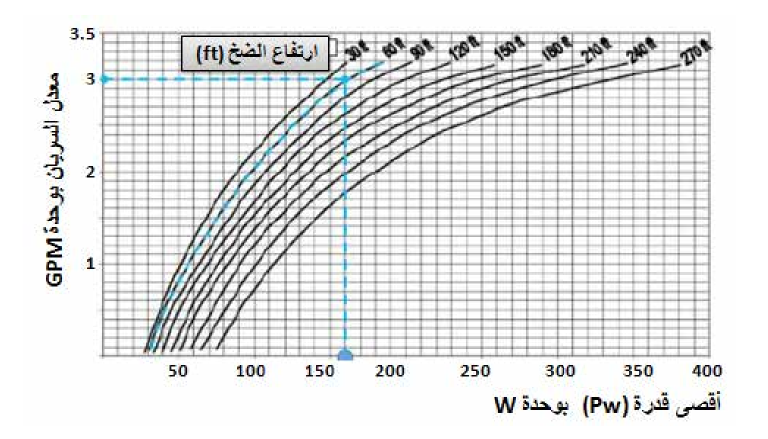
ومعدل السريان = $0.69\ m^3/h$

$= 4.35 \times 0.69 = 3$ GPM

من شكل (4) نحصل على قدرة المضخه

قدرة المضخه = 160W

ومن لوحة بيان المضخه : اقل جهد تشغيل = 30V



شكل (4) منحنيات خصائص المضخات (القدرة)

3- تحديد قدرة الألواح الشمسيه

قدرة الألواح الشمسيه (PV power)	=	قدرة المضخه 160	÷	عامل الكفاءة η factor 80%	×	كفاءة العاكسη inverter η 85%	=	235
WP		w		-		-		w

يمكن إختيار الموديلات من أحد الإختيارات بجدول (11)

جدول (11) مقترحات مختلفه لإختيار موديول (أو موديولات)

قدرة الموديول (W)	أقصى جهد (v)	أقصى تيار (A)
265	30.5	8.69
250	30.76	8.13
240	30.4	7.91
2×135	2×17.7	7.63
2×120	2×12	6.0

أداء النظام (system performance)

حجم المياه (water volume)	=	قدرة الألواح الشمسية 250	×	الكفاءة η 0.38	×	ذروة الساعات الشمسية (PSH)	÷	الإرتفاع الديناميكي الكلي 16	×	2.722
m³/day		WP		-		h/day		m		kg.h/s³.m²

حجم المياه (water volume)	=	2.181	÷	PSH
m³/day		m³/h		h/day

وعلى ذلك يتم حساب أداء النظام متمثلا فى الاتزان كما يلى

الشهر	ذروة ساعات الشمس	حجم الضخ / شهر (m³)	الطلب / شهر (m³)	الاتزان / شهر (m³)
يناير	5.04	340.760	117.8	+ 222.960
فبراير	5.67	346.256	106.4	+ 239.856
مارس	7.08	478.686	117.8	+ 360.886
أبريل	6.88	450.158	114.0	+ 336.158
مايو	7.08	478.686	117.8	+ 360.886
يونيه	7.26	475.022	114.0	+ 361.022
يوليو	7.27	491.532	117.8	+ 373.732
أغسطس	7.30	493.560	117.8	+ 375.760
سبتمبر	7.08	463.244	114.0	+ 349.244
أكتوبر	6.60	446.233	117.8	+ 328.433
نوفمبر	5.54	362.482	114.0	+ 248.282
ديسمبر	4.90	331.294	117.8	+ 213.494
الاجمالى		5157.913	1387	+ 3770.913

الخلاصة

التطبيق	رى مزرعة آرز
معدل السريان	$0.76\ m^3 / h$
عمق المياه	6 m
التخزين	$11.4\ m^3$
مصدر المياه اليومى	$3.8\ m^3 / d$
قدرة المضخة	160 W
أقصى جهد مدخل	30 VDC
قدرة المحطة الشمسية	250 W
نوع الموديول	سيليكون أحادى البلورة
خصائص الموديول	8.13A - 30.76 V - 250A
عدد الموديول	1



حالة تطبيقية (2)

- مزرعة بمساحة = $200m^2$
- تحتاج إلى طلب للمياه = $300\ m^3/d$
- مطلوب الري مباشرة بدون الحاجة إلى خزان
- عمق المياه = 90 m
- ذروة ساعات الشمس = 5 hr/d

1- تحديد معدل السريان

معدل السريان (flow rate)	=	الطلب (demand) 300	÷	ذروة الساعات الشمسية 5	=	معدل السريان 60
m^3/h		m^3/d		h/d		m^3/h

2- تحديد نوع وقدرة المضخة

نظرا لأن عمق البئر 90m فيوصى بإستخدام مضخة غاطسة ، من جدول (12)
نحصل على : قدرة المضخه = 29.54 kw = 39.6HP

جدول (12) قدرة المضخة اللازمة لرفع كميات من المياه إلى إرتفاعات حتى 90 متر

المسافة الرأسية لرفع المياه (متر)									كمية التفريغ	
90	80	70	60	50	40	30	20	10	لتر/ ثانية	م³/ ساعة
القدرة (حصان)										
6.6	5.9	5.1	4.4	3.7	2.9	2.2	1.5	0.7	2.78	10
13.2	11.7	10.3	8.8	7.3	5.9	4.4	2.9	1.5	5.56	20
19.8	17.6	15.4	13.2	11.0	8.8	6.6	4.4	2.2	8.34	30
26.4	23.4	20.5	17.6	14.7	11.7	8.8	5.9	2.9	11.1	40
33.0	29.3	25.6	22.0	18.3	14.7	11.0	7.3	3.7	13.9	50
39.6	35.2	30.8	26.4	22.0	17.6	13.2	8.8	4.4	16.7	60
46.2	41.0	35.9	30.8	25.6	20.5	15.4	10.3	5.1	19.5	70
52.7	46.9	41.0	35.2	29.3	23.4	17.6	11.7	5.9	22.2	80
59.3	52.4	46.2	39.6	33.0	26.4	19.8	13.2	6.6	25.0	90
65.9	58.6	51.3	44.0	36.6	29.3	22.0	14.7	7.3	27.8	100
82.4	73.3	64.1	54.9	45.8	36.6	27.5	18.3	9.2	34.8	125
98.9	87.9	76.9	65.9	54.9	44.0	33.0	22.0	11.0	41.7	150
115.4	102.6	89.7	76.9	64.1	51.3	38.5	25.6	12.8	48.6	175
131.9	117.2	102.6	87.9	73.3	58.6	44.0	29.3	14.7	55.6	200
164.8	146.5	128.2	109.9	91.6	73.3	54.9	36.6	18.3	69.5	250
197.8	175.8	153.8	139.9	109.9	87.9	65.9	44.0	22.0	83.4	300

3-تحديد قدرة الألواح الشمسية

قدرة الألواح الشمسية (PV power)	=	قدرة المضخة 29.54	÷	عامل الكفاءة 80%	×	كفاءة العاكس 80%	=	46.16
W		kW		-		-		Kw

الخلاصة

التطبيق	رى مزرعة
معدل السريان	60 m^3 / h
عمق المياه	90 m
التخزين	--
مصدر المياه اليومى	300 m^3 / d
قدرة المضخة	39.6 HP (29.54 Kw)
أقصى جهد مدخل	820 V
قدرة المحطة الشمسية	46.16 Kw
نوع الموديول	سيليكون أحادى البلورة
خصائص الموديول	265 W , 30.5 V , 8.69 A
عدد الموديول	175



حالة تطبيقية (3)

محطة ضخ مياه بالطاقة الشمسية بياناتها:

- كمية طلب المياه = 8 m³/ day
- ذروة ساعات الشمس = 5.5 h
- معدل السريان = 1.46 m³/h أو 0.4 L/S ~
- الإرتفاع الديناميكي الكلي = 218.34 m
- عدم الحاجة إلى تخزين للمياه

1- نوع وقدرة المضخة

يتم إختيار مضخة غاطسة نظرا لطول الإرتفاع الديناميكي الكلي بإستخدام المنحنيات بشكل (5) لتحديد قدرة المدخل للمضخة نجد أن:

عند منحنى الإرتفاع الديناميكي الكلي = 250 m فإن

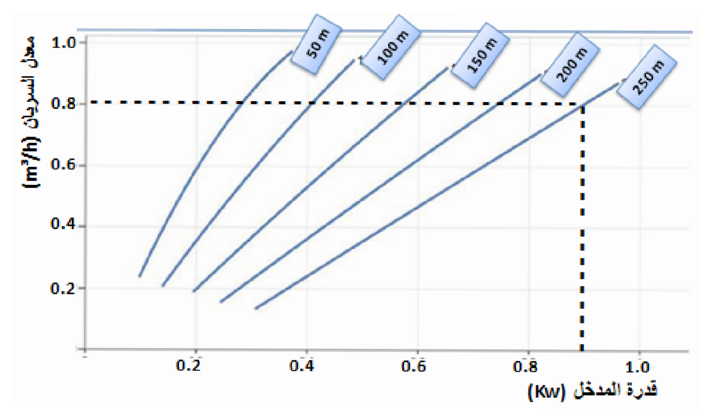
معدل السريان = 0.8 m³/h يقابل حوالي قدرة المضخة = 900 w

لذا تم أخذ قرار بإستعمال مضختين لتكافئ حوالي :

معدل سريان ≈ 1.6 m³/h

القدرة ≈ 1800 w

يوضح جدول (13) خصائص المضخة المختارة



شكل (5) منحنيات خصائص المضخة لتطبيق (3)

جدول (13) خصائص المضخة المختارة

البيان	القيمة
أقصى إرتفاع ديناميكي كلي	250m
أقصى معدل سريان	4 m³/h
أقصى جهد (Vmp)	> 102 VDC
جهد الدائرة المفتوحة (Voc)	(أقصى) 200 VDC
مدى الجهد	72.96 VDC
الجهد الأسمي	96vdc

2- الموديولات الشمسية

عامل الكفاءة (efficiency factor) = 0.8

كفاءة العاكس(inverter efficiency) = 0.8

قدرة المحطة الشمسية = (0.8× 0.8) ÷ 1800

= 2812.5w

بفرض عامل أمان = 15%

فإن قدرة المحطة الشمسية = 3235w

ويوضح جدول (14) خصائص الموديولات المختارة

عدد الموديولات = $\frac{5323w}{100w} = 32$

جهد التشغيل المثالي (v_{mp}) لكل موديول = 18v

وتشكل الخلية (panel) بإستخدام عدد 8 موديولات متصلة على التوالي ، لذا يكون :

جهد مخرج الخلية =8 × 18 v = 144 v

تيار مخرج الخلية = 5.56 A

قدرة مخرج الخلية = 5.56 A × 144 V = 800.7 W

ويتم توصيل كل خليتين على التوازي وبذلك يصبح مخرج تشغيل المضخة الواحدة كالآتي:

جهد المدخل للمضخة = 144 V

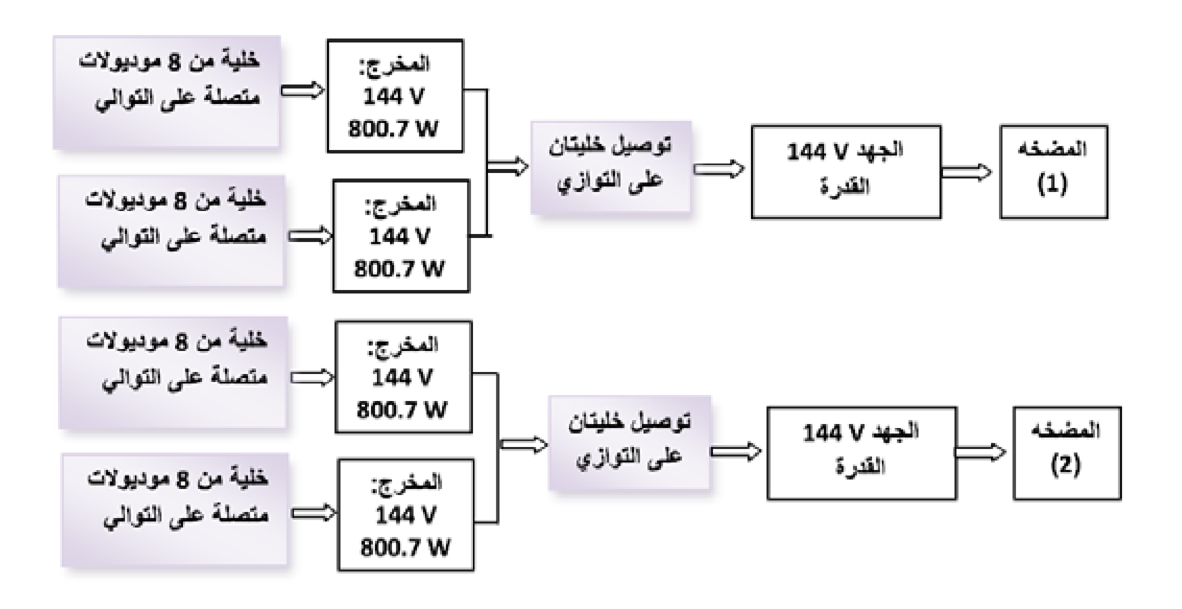
قدرة المضخة = 800.7 W × 2 = 1601.4

ويوضح شكل (6) تمثيلا لمكونات المحطة الشمسية ومصدر التشغيل لكل مضخة حيث يتم توصيل المضختين على التوازي، كما في شكل (7)، ومنهما يمكن الحصول على معدل سريان ≈ $1.6\ M^3/h$

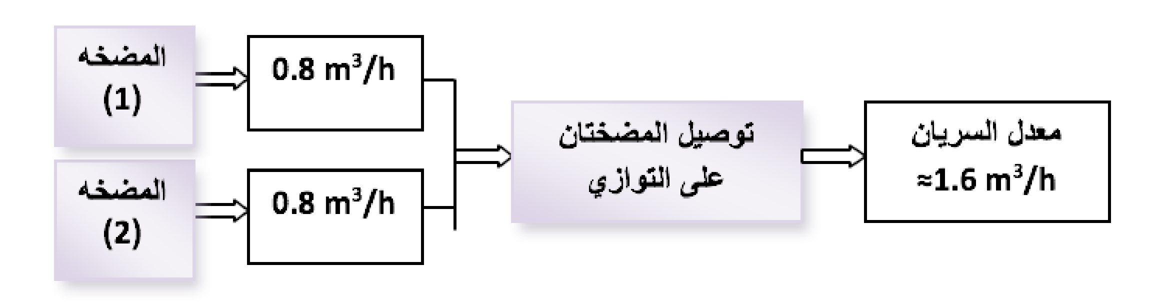
جدول (14) خصائص الموديولات المختارة

البيان	القيمة
أقصى قدرة عند STC	$100\ w_p$
جهد التشغيل المثالي (v_{mp})	18 v
تيار التشغيل المثالي (I_{mp})	5.56 A
جهد الدائرة المفتوحة (v_{oc})	22.36 v
تيار دائرة القصر (I_{sc})	6.02 A
الكفاءة	16 %

STC= standard test condition



شكل (6) مكونات المحطة الشمسية والمتغيرات الكهربائية لها



شكل (7) توصيل المضختين على التوازي

الخلاصة

التطبيق	رى مزرعة
معدل السريان	1.46 m³ / h
الإرتفاع الديناميكى الكلى	218.34 m
التخزين	--
طلب المياه اليومى	8 m³ / d
قدرة المضخة	2×900 W
قدرة المحطة الشمسية	3235 W
نوع الموديول	سيليكون متعدد البلورة
خصائص الموديول	100 W ، 18 V ، 5.56 A
عدد الموديول	32 4 سلاسل متصلة على التوازى وكل سلسلة تحتوى على 8 موديول متصلة على التوالى



حالة تطبيقية (4)

مزرعة فواكه بياناتها :

المساحة = 17 هكتار

عمق المياه = 100 m

معدل السريان = $46\ m^3/h$

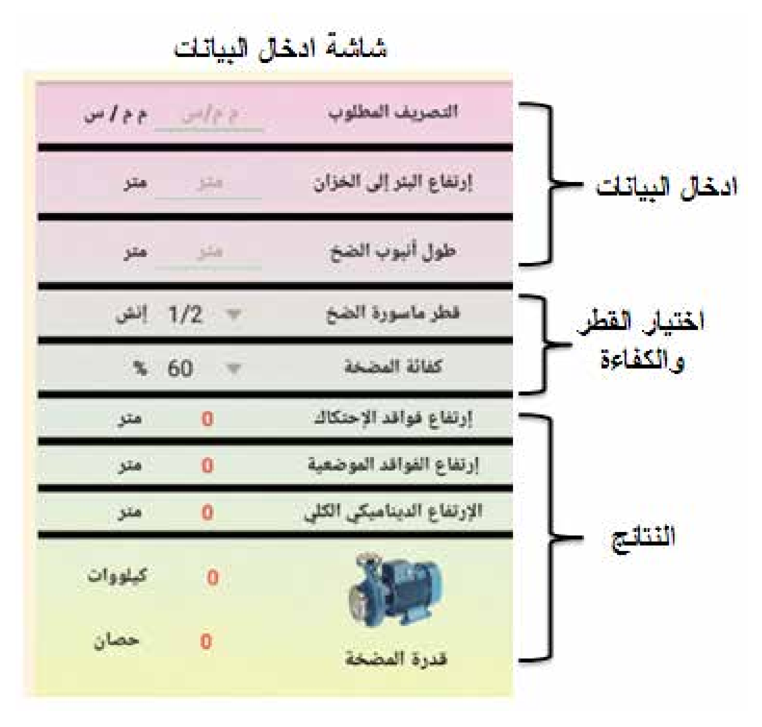
يتم استخدام التطبيق الآتى

http://play.google.com/store/apps/details?id=appinverter.ai-ahaanwar2.shams-copy

وتوضح الأشكال (10) ، (9) ، (8) خطوات إجراء التطبيق



شكل (8) خطوات إجراء التطبيق



شكل (9) مكونات شاشة ادخال البيانات

شكل (10) مكونات شاشة عرض النتائج

الخلاصة

التطبيق	رى فواكة بالتنقيط
معدل السريان	46 m³ / h
الإرتفاع الديناميكى الكلى	
التخزين	--
طلب المياه اليومى	370 m³ / d
قدرة المضخة	25.86 HP (19.29 Kw)
اقصى جهد	820 V
قدرة المحطة الشمسية	24 Kw
نوع الموديول	سيليكون متعدد البلورة
خصائص الموديول	240 W ، 30.4 V ، 7.91 A
عدد الموديول	100 4 سلاسل متصلة على التوازى وكل سلسلة تحتوى على 25 موديول متصلة على التوالى



حالة تطبيقية (5)

مزرعة بمساحة = $250\ m^2$

تحتاج إلى طلب للمياه = $300\ m^3/d$

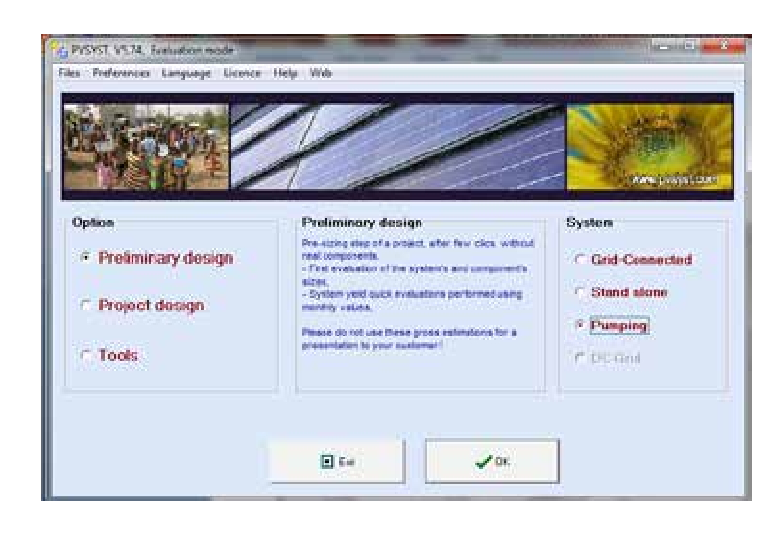
تخزين لمدة 5 أيام

عمق المياه = 90 m

ذروة ساعات الشمس = 5 hr/d

بتطبيق برنامج software ، PVSYS

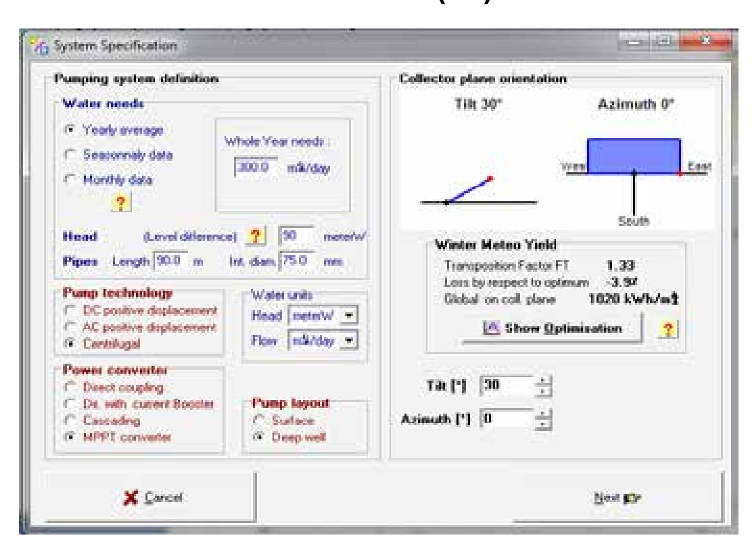
حيث توضح الأشكال (11) ، (12) ، (13)



شكل (11) اختيار تطبيق نظام الضخ



شكل (12) شاشة ادخال البيانات



شكل (13) شاشة نتائج تطبيق البرنامج

الخلاصة

التطبيق	رى مزرعة
معدل السريان	60 m³ / h
عمق المياه	90 m
التخزين	1500 m³
مصدر المياه اليومى	300 m³ / d
قدرة المضخة	36.738 Kw
أقصى جهد مدخل	820 V
قدرة المحطة الشمسية	46.406 Kw
نوع الموديول	سيليكون أحادى البلورة
خصائص الموديول	285 W , 31.6 V , 9.02 A
عدد الموديول	156 6 سلاسل متصلة على التوازى وكل سلسلة تحتوى على 26 موديول متصلة على التوالى



الباب الثامن

تكاليف أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية

(COSTS OF SOLAR PUMPING SYSTEMS)

توجد ملامح عديدة في أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية تستخدم لتحديد التكاليف منها:

مقاس النظام

يعتبر ارتفاع تكاليف رأس المال الأولية لمصفوفة الخلايا الشمسية من أكبر العوائق ، حيث أن مشاركتها كبيرة في نظام الضخ بالطاقة الشمسية ، وهي الأعلى تكلفة في النظام.

مستوى شدة الإشعاع الشمسي

يعتبر هذا العامل مباشر لمقاس النظام المطلوب. حيث نحصل على مقاس المحطة الشمسية المطلوبة بدلالة كثافة الإشعاع الشمسي وعدد ساعات سطوع الشمس. ولذا تستخدم أنظمة أصغر عند الإشعاع الإعلى.

في المقابل نجد أن تكاليف التشغيل في أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية تكون منخفضة جدا نظرا لإنخفاض تكاليف الصيانة والأيدي العاملة ، على العكس تكون التكاليف الأولية لأنظمة الضخ بالوقود الأحفورى منخفضة ولكن ترتفع تكاليف التشغيل .

تتألف تكاليف أنظمة الضخ خلال متوسط العمر المتوقع لعدد من السنوات من التكلفة الرأسمالية والتكاليف المستقبلية ، والتي تشمل تكاليف التشغيل والصيانة واستبدال أية ملحقات . تكاليف رأس المال تحدث مرة واحدة في بداية المشروع ، وهى تشمل تكلفة المعدات والملحقات ، وتكلفة التركيبات و النقل. ويمكن تخفيض بعض عناصر التكلفة الأولية بفرض أن صاحب العمل يمكن أن يقوم ببعض هذه الأعمال بتكلفة أقل (مثل استبدال قطع الغيار البسيطة ، التركيبات ، النقل....)

وتعتمد فترات الصيانة بشكل كبير على نوعية المياه وعمق تثبيت المضخة، حيث من المفترض أن جميع المكونات الرئيسية في الضخ بالطاقة الشمسية باستثناء المصفوفة يتم استبدالها في فترات زمنية محددة (حسب العمر الافتراضى لكل مكون).

فى هذا الباب سيتم استعراض تكلفة أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية ونسبة مشاركة المكونات. حيث نجد أن معظم أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية تخزن المياه بدلا من تخزين الكهرباء بالبطاريات . علما بأن إضافة البطاريات عادة يضاعف تكلفة النظام بسبب قصر عمر تشغيل البطاريات واحتياجها إلى صيانة إضافية . ويوجد خيار آخر وهو زيادة قدرة مصفوفة الموديولات مع تتبع آلى لها ، حتى يمكن ضخ المياه في الأيام الملبدة بالغيوم دون الحاجة إلى التخزين على الاطلاق.

تمثل تكلفة مصفوفة الموديولات الشمسية نسبة المشاركة الأكبر فى النظام حيث أنها حوالى بين 30% & 40% من التكلفة الأولية (Intermediate Technology Development Group .n.d) اعتمادا على قدرة المصفوفة الشمسية .

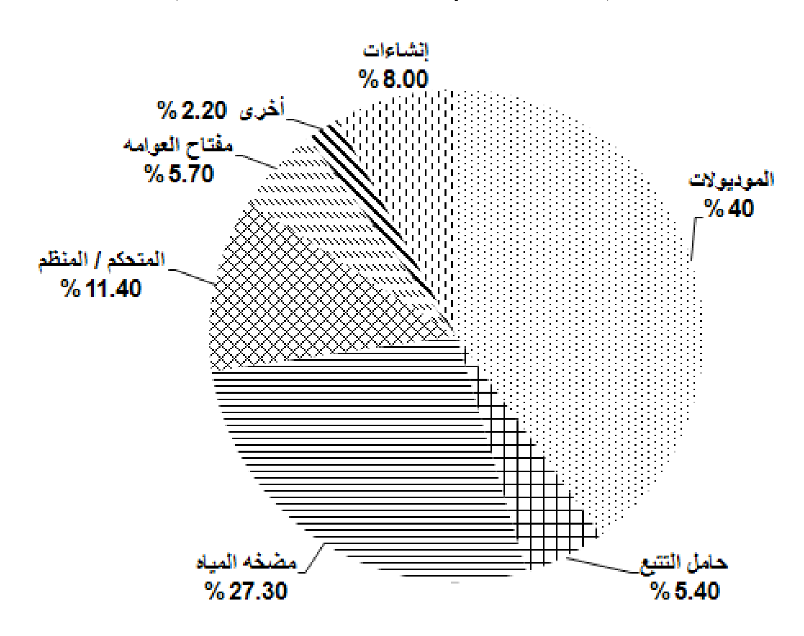
ويوضح جدول (1) أمثلة لنسبة مشاركة تكاليف مكونات أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية ونلاحظ أن نسبة تكاليف الموديولات تكون مرتفعة عندما تنخفض قدرتها

يوضح شكلى (1) و(2) نسبة مشاركة تكاليف مكونات نظام ضخ بالطاقة الشمسية قدرة 234w و قدرة 702w

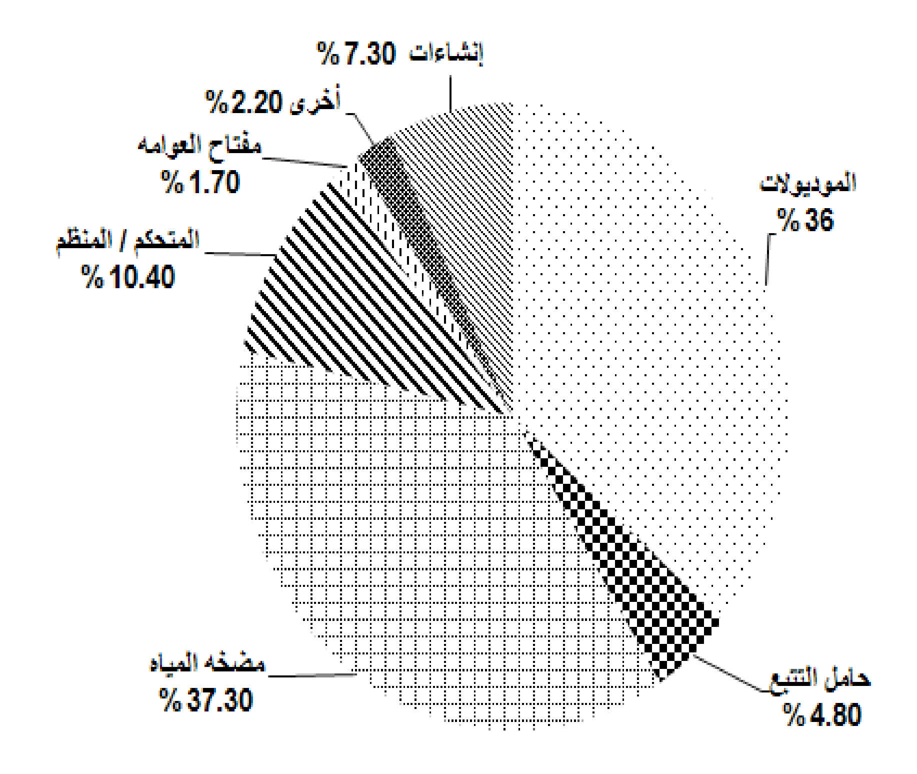
جدول (1) أمثلة لنسبة مشاركة تكاليف مكونات أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية

قدرة نظام الضخ المكون	234 w	702 w
الموديولات	40 %	36.3 %
حامل التتبع	5.4 %	4.8 %
مضخة المياه	27.3 %	37.3 %
المتحكم (المنظم)	11.4 %	10.4 %
مفتاح العوامة	5.7 %	1.7 %
أخرى	2.2 %	2.2 %
إنشاءات	8.0 %	7.3 %
الإجمالي	100 %	100 %
التكلفة الكلية للنظام	$880	$2900

(CEDRO.2015 – European Union)



شكل (1) نسبة مشاركة تكاليف مكونات نظام ضخ بالطاقة الشمسية قدرة234w



شكل (2) نسبة مشاركة تكاليف مكونات نظام ضخ بالطاقة الشمسية قدرة 702 w

فيما يلى سنعرض التكلفة المنشورة فى تقرير البنك الدولى بعنوان " الضخ بالطاقة الشمسية " :
مقدمة وتحديث للتكنولوجيا ، والأداء والتكاليف والاقتصاد الصادر فى January1993 بغرض معرفة الانخفاض الكبير جدا مقارنة بالتكلفة الحالية .
يوضح جدول (2) تكلفة نظام الضخ بدلالة مقنن المصفوفة بوحدة Wp
بينما يوضح جدول (3) تكلفة نظام الضخ بدلالة العمل الهيدروليكى m^4
(تمثل m^4 : حجم المياه (m^3) × الارتفاع الديناميكى الكلى (m))
تم تحديد النظام عند شدة اشعاع 6kWh/m2
وأوصى التقرير بالاستخدام كالآتى :
استخدام الجدول (2) لمضخات شفط السطح
استخدام الجدول (3) للأنواع : مضخة ومحرك مغمور ، مضخة عائمة ، مضخة ترددية
وقد ذكر التقرير تكاليف الاستبدال وعمر تشغيل المكونات ، كما فى جدولى (5) ،(4) والتي من المحتمل أن تحتاج إلى الاستبدال خلال عمر النظام. حيث يؤخذ عمر النظام كعمر المصفوفة الشمسية (المقدرة بـ 20 عامًا) ، لأن هذا هو العنصر الأطول عمراً ، ولذا لايحتاج النظر إليه عند الاستبدال.

جدول (2) تكلفة نظام الضخ بدلالة مقنن المصفوفة بوحدة Wp

نوع المضخة	التكلفة
مضخة ومحرك مغمور – آبار متوسطة العمق (مضخات الطرد المركزي) (Submerged motor/pump)	18 - 30 $/Wp below 400 Wp
	8 -18 $/Wp above 400 Wp
مضخة عائمة (Floating motor-pump sets)	11 - 17 $/Wp below 500 Wp
	8 - 13 $/Wp above 500 Wp
مضخة ترددية (مضخة موجبة ترددية) Jack pumps (Reciprocating) positive displacement pump	20 - 32 $/Wp below 500 Wp
	6 - 20 $/Wp above 500 Wp
مضخة شفط السطح (Surface suction pump)	12 - 25 $/Wp below 300 Wp
	8 - 17 $/Wp above 300 Wp

(Source: WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER168)

جدول (3) تكلفة نظام الضخ بدلالة العمل الهيدروليكى m^4

نوع المضخة	التكلفة
مضخة ومحرك مغمور – آبار متوسطة العمق (مضخات الطرد المركزي) (Submerged motor/pump)	20 - 50 $/m4 below 400 m4
	10 - 25 $/m4 above 400 m4
مضخة عائمة (Floating motor-pump sets)	13 - 25 $/m4 below 500 m4
	8 - 12 $/m4 above 500 m4
مضخة ترددية (مضخة موجبة ترددية) Jack pumps (Reciprocating) positive displacement pump.	18 - 30 $/m4 below 400 m4
	15 - 20 $/m4 above 400 m4
مضخة شفط السطح (Surface suction pump)	25 - 55 $/m4 below 200 m4
	10 - 25 $/m4 above 200 m4

(Source: WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER168)

جدول (4) تكلفة استبدال المضخات

نوع المضخة	تكلفة الاستبدال
مضخة ومحرك مغمور	1-3 $ /Wp $1000 and $3000
مضخة عائمة	≈ $ 1000
مضخة ترددية	10 -15 $/Wp ≈ $ 3000
مضخة شفط السطح	$1500 and $1000

(Source: WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 168)

جدول (5) تكاليف وعمر تشغيل المكون

المكون	التكلفة	العمر المقدر للمكون
المصفوفة	6–10$/Wp	20 سنة
هيكل التثبيت (يضاف لتثبيت نظام التتبع)	1 - 2 $/Wp	20 سنة
التخزين / أعمال المواسير		20 سنة
العاكس	$1000- $2000	10 سنوات
المتحكم فى تغذية الكهرباء	$450	10 سنوات
البطاريات (إن وجدت)	150 $/kWh من سعة البطارية	5 سنوات

(Source: WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 168)

يلى ذلك إجراء العديد من الدراسات والتى تمت ببعض دول العالم الثالث مثل الهند وأتيحت مؤشرات عالمية لمتوسط معدل الإستثمار فى أنظمة الضخ مثل :

- فى أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية للتغذية بمياه الشرب ذات قدرة 1kwp تكون التكلفة $/Wp 5.93
عند إضافة نظام ضخ المياه والخزان والإنشاءات وتوزيع المياه تصبح التكلفة $/Wp 11.85
- فيما يلى سنعرض بعض التطبيقات الحديثة فى مصر والعالم والتى تشير للتكاليف والمؤشرات الخاصة بأنظمة الضخ بالطاقة الشمسية

توضح الجداول (8) ، (7) ، (6) تحليل لتكاليف مثال لمحطة طاقة شمسية بالقاهرة (مصر- 2016) بقدرة 11.94 KW، لتغذية وحدة ضخ بقدرة 5KW لنقل كمية مياه 230 m³ / day

تعتبر تكاليف صافى القيمة الحالية (net present cost) هى التكاليف الكلية خلال عمر تشغيل النظام شاملا رأس المال والانشاءات وتكاليف الصيانة والتشغيل. وتعرف تكاليف الطاقة (cost of energy) المنتجة بأنها متوسط التكلفة الكلية للنظام لانتاج طاقة كهربائية (1kwh) ، وهذا مؤشر هام يستخدم فى مقارنة التكنولوجيات المختلفة بوحدة (S/KWH) . و يوضح شكل (3) نسبة مشاركة تكاليف مكونات محطة طاقة شمسية قدرة 11.94 KWللمثال بجدول (6)

جدول (6) بيانات مثال لنظام ضخ مياه

البيان	القيمة
طلب المياه	230 m³ / day
ارتفاع المياه	50 m
معدل السريان	8 L/s
كفاءة المضخة / المحرك	85 %
قدرة المضخة	5 Kw
عدد ساعات التشغيل	10 hours
دورة التشغيل	30 weeks
عمر النظام	20 years

(http://www.ripublication.com)

جدول (7) بيانات المصفوفة الشمسية للمثال بجدول (6) أسعار (2016)

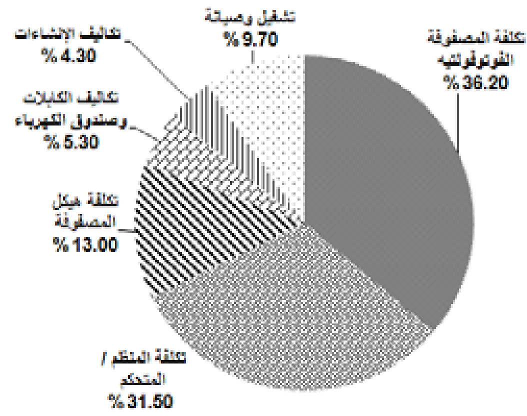
بيان تكاليف	القيمة
وحدة الخلية	0.75 $ / PV watt
وحدة المتحكم (المنظم)	1.3 $ / W
هيكل المصفوفة	0.27 $ / PV watt
الكابلات وصندوق الكهرباء	0.1 $ / PV watt
الانشاءات	5 % من التكاليف الاولية
الصيانة والتشغيل السنوية	100 $ / y

(http://www.ripublication.com)

جدول (8) تحليل نسبة مشاركة تكاليف محطة طاقة شمسية لتغذية نظام ضخ المياه الموضح بجدول (6)

البيان	القيمة	٪
تكلفة المصفوفة الشمسية	$ 8958.3	36.2
تكلفة وحدة المتحكم (المنظم)	$ 7800	31.5
تكلفة هيكل المصفوفة	$ 3225	13.0
تكلفة الكابلات وصندوق الكهرباء	$ 1301	5.3
تكلفة الانشاءات	$ 1064	4.3
التشغيل والصيانة	$ 2394	9.7
صافى القيمة الحالية	$ 24743	100
تكلفة التشغيل السنوية	1237 $ / Y	
تكلفة الطاقة	0.12 $ / Kwh	

(http://www.ripublication.com)



شكل (3) نسبة مشاركة تكاليف مكونات محطة طاقة شمسية قدرة11.94Kw

يوضح الجدولين (10) ، (9) تحليل تكاليف ونسبة مشاركة تكاليف مكونات محطة ضخ قدرة 75HP بالطاقة الشمسية (جنوب الدلتا – مصر – 2019) و(شمال الدلتا – مصر - 2019) على التوالى.

جدول (9) تحليل تكاليف ونسبة مشاركة تكاليف مكونات محطة ضخ قدرة 75HP بالطاقة الشمسية (جنوب الدلتا –مصر – 2019)

المكون	الوصف	سعر الوحدة	الاجمالى (LE)	٪
مصفوفة الطاقة الشمسية	- عدد 212 موديول (متعدد البلورة) - قدرة الموديول 330 وات - قدرة المصفوفة 70 ك.و	7.5 LE/Wp	525000	36.7
هيكل التثبيت	صلب مطلي مقاوم للصدأ	1.2 LE/Wp	84000	5.8
الانفرتر	متحكم في سرعة المضخة	75000 LE	75000	5.3
نقل وتركيب ملحقات	----------	90000 LE	90000	6.3
مضخة 75HP	-----------	656250 LE	656250	45.9
الاجمالى			1430250	100

جدول (10) تحليل تكاليف ونسبة مشاركة تكاليف مكونات محطة ضخ قدرة75HPبالطاقة الشمسية (شمال الدلتا – مصر – 2019)

المكون	الوصف	سعر الوحدة (LE)	الاجمالى (LE)	%
مصفوفة الطاقة الشمسية	- عدد 285 موديول (متعدد البلورة) - قدرة الموديول 280 W - قدرة المصفوفة 80 Kwp	سعر الموديول 2512 LE	715920	40.5
هيكل التثبيت		117000	117000	6.6
الملحقات		45000	45000	2.5
الانفرتر	متحكم في سرعة المضخة	80600	80600	4.6
الانشاءات والتركيب		22500	22500	1.3
مضخة 75 hp			787500	44.5
الاجمالى			1768520	100%

يوضح جدول (11) تكلفة أنظمة ضخ بالطاقة الشمسية لقدرات (1 Hp , 2 Hp ,..10 Hp)
إرتفاعات مختلفة (20 m, 30 m …140 m) بالهند ، بكل من الدولار الامريكى و وحدة العملة الهندية «الروبية»
(0.014$= rs = indian ruppe)، وتشمل التكلفة: المضخة – المنظم – الخلايا – الهيكل – الكابلات (AC- DC) – الأرضي – أطراف التوصيلات وجميع الملحقات. بالإضافة إلى الضريبة والنقل والإنشاءات.
يوضح جدول (12) التكلفة $/WP طبقا لجدول (11)
يبين شكل (4) محطة ضخ مياه بالطاقة الشمسية بالهند قدرة 3HP وأرتفاع 70M
كذلك يوضح شكل (5) محطة ضخ مياه بالطاقة الشمسية بالهند قدرة 10HP وارتفاع 100M

جدول (11) تكلفة أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية بالروبية الهندية وما يكافئها من الدولار الأمريكي

قدرة المضخة الشمسية / الإرتفاع	1HP (1200W)	2HP (2000W)	3HP (3000W)	5HP (5000W)	7.5HP (6750W)	10HP (9000W)	10HP (10000W)
20m	116589Rs	159.773Rs	210.474Rs	304.180Rs			
	$1632	$2236.8	$2946.6	$4258.5			
30m		161.394Rs	210.989Rs	304.793Rs			
		$2259.5	$2853.8	$4267			
35m	117.487Rs						
	$1644.8						
50m			215.040 Rs	305.491Rs	394.819Rs	513.944Rs	
			$ 3010.5	$ 4276.87	$ 5527.4	$ 7195.2	
60m		163,778 Rs					
		$ 2292.8					
70m	124.223Rs		218.154Rs	312.347Rs	392.283Rs	517.006Rs	
	$1739		$ 3054	$ 4372.8	$ 5491.9	$ 7238	
80m		167,572Rs					
		$ 2346					
100m			218,411Rs	318,319Rs	403,882Rs	520,809Rs	
			$ 3057.7	$ 4456.4	$ 5654.3	$ 7291.3	
140m							575,340Rs
							$ 8054.7

(Source: https://kenbrooksolar.com/price-list/solar-water-pumps-price)

جدول (12) التكلفة $ / Wp طبقا لجدول (11)

10HP		7.5HP	5HP	3HP	2HP	1HP	قدرة المضخة الشمسية
1000W	9000W	(6750 W)	(5000 W)	(3000 W)	(2000 W)	(1200 W)	الإرتفاع
			0.852	0.982	1.118	1.36	20m
			0.854	0.985	1.130		30m
						1.37	35m
	0.799	0.819	0.856	1.004			50m
					1.147		60m
	0.804	0.814	0.875	1.018		1.45	70m
					1.173		80m
	0.81	0.838	0.891	1.019			100m
0.806							140m

(Source: https://kenbrooksolar.com/price-list/solar-water-pumps-price)



شكل (4) محطة ضخ مياه بالطاقة الشمسية بالهند قدرة 3HP وارتفاع 70m



شكل (5) محطة ضخ مياه بالطاقة الشمسية بالهند قدرة 10hp وارتفاع 100M

نلاحظ من جدولى (12) & (11) الآتي :
تتراوح تكلفة وحدة Wp لقدرة المضخة 1Hp بين 1.45 $ & 1.36 $ تبعا للارتفاع
تتراوح تكلفة وحدة Wp لقدرة المضخة 10Hp بين 0.81 $ & 0.799 $ تبعا للارتفاع
كلما زادت قدرة المضخة ، أى لمحطات ضخ المياه بالطاقة الشمسية الكبيرة ، كلما انخفضت تكلفة وحدة Wp
حيث يوضح جدول (13) حدود متوسط تكلفة مكونات نظام الضخ بالطاقة الشمسيه، ويبين جدول (14) متوسط تكلفه النظام لكل وحدة Wp تبعا لحدود قدرة نظام الضخ (2015)
ومن هذه الجداول نلاحظ الانخفاض الشديد فى تكلفة مكونات أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية مقارنة بالتكاليف التى عرضت 1993
يوضح جدولى (16) ، (15) هيكل تكاليف مكونات الأنظمة المختلفه لضخ المياه بالطاقة الشمسية لأنظمة مستقلة و أنظمة هجين

جدول (13) حدود متوسط تكلفة مكونات نظام الضخ بالطاقة الشمسية

حدود التكلفة ($) لكل وحدة	الوحدة	المكون
1.5 – 1.0	Watt	الموديولات (solar modules)
0.4 – 0.1	Watt	حامل التتبع (mounting track)
1500 – 500	HP	مضخة المياه (water pump)
0.3 – 0.05	Watt	المتحكم (المنظم) (controller)
70 – 20	PC	مفتاح العوامه (floating switch)
0.3 – 0.05	Watt	عاكس (inverter)
0.1 – 0.01	Watt	أخرى
0.3 – 0.01	Watt	الإنشاءات
	2.5 – 1.5	متوسط التكلفه $/W_P$

(CEDRO.2015 – European Union)

جدول (14) متوسط تكلفة النظام لكل وحدة W_P تبعا لحدود قدرة نظام الضخ

متوسط التكلفة ($) لكل Wp	حدود قدرة نظام الضخ (Kw)
2.5 – 2.0	10 – 3
2.3 – 1.8	50 – 11
2.1 – 1.5	50 <

(CEDRO.2015 – European Union)

جدول (15) هيكل تكاليف مكونات أنظمة مستقلة مختلفه لضخ المياه بالطاقة الشمسية

البند	نظام مستقل			
	ري مباشر	ري مباشر + بطاريات	مع خزان على إرتفاع عالي	مضخة تقويه + خزان على مستوى الأرض
مصفوفة الموديولات الشمسية وهيكل التثبيت	57 %	38 %	45 %	46 %
العاكس والملحقات	21 %	14 %	17 %	17 %
البطاريات	-	35 %	-	14 %
خزان المياه	-	-	21 %	7 %
الإنشاءات	11 %	6 %	10 %	9 %
التحكم	4 %	4 %	3 %	3 %
أخرى	7 %	3 %	4 %	4 %
الإجمالي	100 %	100 %	100 %	100 %

(Solar pump systems in Egypt – GIZ 2014)

جدول (16) هيكل تكاليف مكونات أنظمة هجين مختلفه لضخ المياه بالطاقة الشمسية

البند	نظام هجين				
	شمسي / ديزل مع مفتاح تشغيل	شمسي / ديزل مع خزان على إرتفاع	شمسي / ديزل + بطاريات	شمسي/ ديزل + مضخة تقوية + خزان على مستوى الارض	شمسي / ديزل + نظام إدارة تحكم
مصفوفة الموديولات الشمسية وهيكل التثبيت	55 %	40 %	37 %	45 %	41 %
العاكس والملحقات	21 %	15 %	14 %	17 %	15 %
البطاريات	-	-	31 %	9 %	-
خزان المياه	-	25 %	-	9 %	-
الإنشاءات	10 %	12 %	8 %	11 %	7 %
التحكم	7 %	4 %	5 %	4 %	33 %
أخرى	7 %	4 %	5 %	5 %	4 %
الإجمالي	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

(Solar pump systems in Egypt – GIZ 2014)

تمثل تكاليف حفر البئرمبالغ باهظة ويمكن أن تصبح جزءًا هامًا عند إجراء دراسة الجدوى لمشروع ضخ مياه بالطاقة الشمسية ، ويوضح جدول (17) تسعيرة أعمال حفر وتجهيز بئر.

جدول (17) تسعيرة أعمال حفر وتجهيز بئر (2015)

الوصف	القيمه (جنيه)
الحفر لأعماق أقل من 120m	130 /m
الحفر لأعماق أكبر من 120m	250 /m
أنبوب جسم البئر (10 بار – قطر 11 بوصة)	160 /m
مياه لتسهيل عملية الحفر	500 /20 m3
أنبوب وش البئر	500 /m
أنبوبة إرساء المضخة الغاطسة	150/m

الباب التاسع

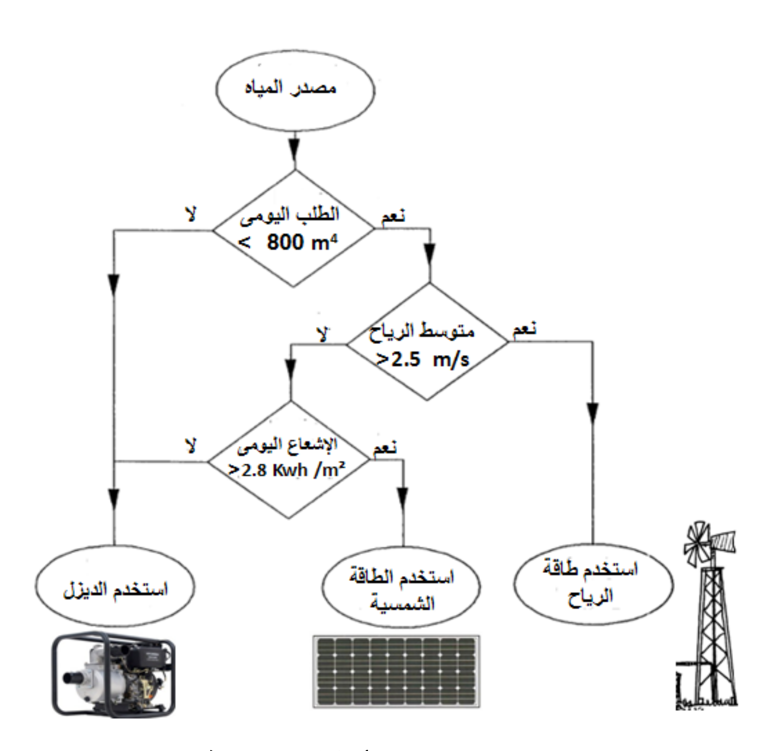
مقارنة بين تكاليف ضخ المياه بالديزل والطاقة الشمسية

(COMPARISON OF THE COST OF WATER PUMPING WITH DIESEL AND SOLAR ENERGY)

تتوافر المياه فى المجارى والآبار والتى عادة تحتاج إلى طاقة لرفعها لمستوى الاستخدام، كما تحتاج إلى طاقة لضخها فى الأنابيب ونقلها لمناطق الاستخدام . وقد انتشرت نظم الضخ من الطاقات الطبيعية مثل طاقة الرياح ، وعند ظهور منتجات البترول والكهرباء وما صاحبها من انتاج المحركات، فاستخدم الضخ بالديزل ثم الاستفادة من الطاقة الشمسية التى تعوض عن مصادر الطاقة التقليدية .
يوضح شكل (1) مخطط سريان الذي يساعد فى اتخاذ قرار اختيار وسيلة استخدام الرى ، ويبين الشكل الاعتماد على مؤشر اختيار لكل وسيلة مثل متوسط سرعة الرياح وشدة الاشعاع الشمسى مع الأخذ فى الاعتبار أن البداية هى حد الطلب اليومى للمياه فمثلا :

[800 m^4 (e.g., (40 m^3 /day) × (20 m (ارتفاع)]

ويوضح جدول(1) مقارنة بين الأنظمة المختلفه لضخ المياه



شكل (1) مخطط سريان لأخذ قرار وسيلة الرى

(WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 168)

جدول(1) مقارنة بين الأنظمة المختلفة لضخ المياه

الملامح	الضخ بالطاقة الشمسية	الضخ بإستخدام الديزل	الضخ بطاقة الرياح	الضخ من خلال الشبكة العامة
الإستثمار	عالي	منخفض	عالى	منخفض
تكلفة التشغيل	مهملة	عالية (مطلوب المراقبة المستمرة لإستهلاك الديزل حتى لا يتوقف التشغيل)	متوسطة	متوسط
الصيانة	متوسطة (لا تحتاج نظافة الخلايا إلى مهارات عماله)	عاليه (تحتاج إلى خدمات مختلفه ،وإصلاحات دوريه بمهارات عاليه)	متوسطة / عالية (تحتاج إلى مهارات عماله)	متوسطة
الإعتماد على الشبكة	لا (عند إستخدام بطاريات تخزين)	لا	لا	نعم
المخاطر	نظام آمن وصديق للبيئه	مخاطر الحريق /إنبعاث الملوثات	نظام آمن وصديق للبيئة	إنبعاث الملوثات
إحتمال عدم التحكم (إندفاع)	منخفض	عالي (عند نهاية الحمل لإستخدام الوقود الخام)	منخفض	منخفض

مقارنة ضخ المياه بالطاقة الشمسية (الكهروضوئية) والضخ بالديزل

تعتبر مقارنة التكلفة، عند الاختيار بين النظامين، طريقة جيدة للتحقق من الجانب الاقتصادي. وتبين المقارنة بين هذين التقنيتين ، أن الضخ بالطاقة الشمسية يحتاج إلى تكاليف استثمارية أعلى لأن الألواح الشمسية والمضخة الكهربائية أكثر تكلفة من مضخة الديزل. ومع ذلك ، فإن تكاليف التشغيل أعلى بكثير في نظام الديزل نظرًا لاحتياجات الوقود وتكاليف الصيانة الأعلى والتى تشير إلى أن اختيار الضخ بالطاقة الشمسية هو الأفضل اقتصاديا وذلك عند المقارنة خلال عمر التشغيل . ولذا يوصى بأخذ النقاط التالية بعين الاعتبار عند إنشاء مقارنة التكلفة.

يوضح جدول(2) مقارنة بين عناصر تكاليف نظامى ضخ المياه بالطاقة الشمسية وضخ المياه بالديزل.

جدول(2) مقارنة بين عناصر تكاليف نظامى ضخ المياه بالطاقة الشمسية والضخ بالديزل

	نظام ضخ المياه بالديزل	نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية
التكاليف الاستثمارية	- مضخة الديزل - الانشاءات - الحفر - المواسير - العمر المتوقع لمضخة الديزل - (تخزين المياه)	- مضخة المحرك - الخلايا الشمسية الفوتوفلتية - وحدة التحكم - والمواسير والتوصيلات - الانشاءات - (تخزين المياه) - الحفر - العمر المتوقع للمكونات
تكاليف التشغيل	- وقود الديزل (والنقل) - الصيانة	- الصيانة

إن الضخ بالطاقة الشمسية هو الأكثر عمليا والمجدي ماليا عندما يكون بُعد خط القوى الكهربائية عن موضع المضخة أكبر من 1km ، حيث أن الإستثمارات اللازمة لعمل ضخ بالطاقة الشمسية ستكون أكثر منطقية مقارنة بتلك اللازمة لمد خطوط القوى الكهربائية، (متوسط تكلفة مد خط القوى الكهربائية في بعض المناطق بين ، 18$ 36$ لكل متر طولي).

وقود الديزل

تتزايد تكاليف الديزل لأنظمة الري بصورة حادة بسبب ارتفاع الأسعار أوعدم توافر وقود الديزل أحيانا في الأسواق. وعلاوة على ذلك ، فإن استخدام وقود الديزل هو أيضا أكثر تكلفة في «الأراضي الجديدة» بسبب بعدها عن المزارع الصحراوية. مع الأخذ في الاعتبار تكاليف النقل، وصيانة وإصلاح المولدات ، واستخدام الديزل لن يكون ممكنا اقتصاديا أو بأسعار معقولة لتلك المزارع في المستقبل القريب. إن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالية، وانسكابات الديزل الضخمة في التربة ، ونقله مسافات طويلة مصحوبا بالمخاطر من الديزل إلى المزارع تمثل بعض الجوانب السلبية البيئية لمضخات المياه التي تعمل بالديزل. وهذا يجعل استخدام مصادر الطاقة البديلة أمراً حيوياً لتنمية القطاع الزراعي .

يوضح جدول (3) سعر وقود الديزل المتوقع (طبقا للبنك الدولى – 2015)

ويوضح جدول (4) تطورسعر وقود الديزل للمستهلك (دولار أمريكي لكل لتر)

فى مصر أعلنت وزارة البترول والثروة المعدنية فى يونيو 2018 أن مجلس الوزراء أقر زيادة أسعار المنتجات البترولية وأعلن فيها أن سعر وقود السولار (الديزل) يساوى 5.5 جنية مصرى. ويبين جدول (5) كمية وقود الديزل اللازمة لتشغيل مولدات الديزل طبقا لقدرة المولد عند نسب تحميل مختلفة (¼ ، ½ ، ¾ الحمل ، الحمل الكامل)

جدول (3) سعر وقود الديزل المتوقع (طبقا للبنك الدولى – 2015)

السنة	السعر (US $ 2016 / Kwh)
2016	0.01803
2020	0.0351(أدنى)
	0.0442 (أعلى)
2025	0.0407 (أدنى)
	0.0542(أعلى)
2035	0.0553 (أدنى)
	0.0829 (أعلى)

(Source: Fraunhofer ISE 2016)

جدول (4) تطورسعر وقود الديزل للمستهلك (دولار أمريكي لكل لتر)

السنة	القيمة (دولار امريكى / لتر)	نسبة التغير
2016	0.15	- 40 .00 %
2014	0.25	38.89 %
2012	0.18	- 5.26 %
2010	0.19	- 5.00 %
2008	0.20	66.67 %
2006	0.12	20.00 %
2004	0.10	25.00 %
2002	0.08	- 20.00 %
2000	0.10	- 16.67 %

(https://ar.knoema.com/atlas)

جدول (5) الاستهلاك التقريبى لوقود الديزل

قدرة المولد	¼ الحمل (لتر / ساعة)	½ الحمل (لتر / ساعة)	¾ الحمل (لتر / ساعة)	الحمل الكامل (لتر / ساعة)
8 Kw/10 kva	0.9	1.2	1.7	2.1
10 Kw/12 kva	1.0	1.4	2.1	2.6
12 Kw/15 kva	1.3	1.8	2.6	3.2
16 Kw/20 kva	1.7	2.4	3.5	4.3
20 Kw/25 kva	2.1	3.0	4.3	5.4
24 Kw/30 kva	2.6	3.6	5.2	6.4
32 Kw/40 kva	3.4	4.8	7.0	8.6
40 Kw/50 kva	4.3	6.0	8.6	10.7
60 Kw/75 kva	6.4	9.0	12.7	16.1
80 Kw/100 kva	8.3	11.9	16.1	21.4
120 Kw/150 kva	10.9	17.3	24.1	32.1
160 Kw/200 kva	14.1	22.9	32.7	42.8
200 Kw/250 kva	17.4	28.6	40.8	53.5
280 Kw/350 kva	23.7	39.3	56.0	74.9
400 Kw/500 kva	33.3	55.6	79.6	107.0

دراسات تطبيقية:

سنعرض فيما يلى تطبيقات مختلفة لمقارنة تكاليف ضخ المياه بالديزل وبالطاقة الشمسية والتى تظهر جميعها أنه على الرغم من إرتفاع التكلفة الاولية لضخ المياه بالطاقة الشمسية إلا أنها الاختيار الأفضل والاكفاء والأوفر اقتصاديا على مدى عمر التشغيل .

دراسة تطبيقية (1)

مزرعة مساحتها 40 فدان تحتاج إلى :

طلب مياه للري/ اليوم $2850m^3$

إرتفاع المياه 19.1m

الطاقة المطلوبة في اليوم 40/kwh

بدراسة أنظمة ضخ مختلفة ، شمس ورياح وديزل ، بغرض تحديد الأوفر اقتصاديا وجد أن الضخ بالطاقة الشمسية هوالخيار الأفضل اقتصاديا ، ويوضح جدول (6) مقارنة تكاليف أنظمة الضخ المقترحة المختلفة.

جدول (6) مقارنة تكاليف أنظمة الضخ المقترحة والمختلفة

نظام ضخ المياه	وصف النظام	التكلفة($)	نسبة التكلفة مقارنة بالديزل
الضخ بالطاقة الشمسية	3 أنظمة كل منها $1000m^3$ في اليوم	193000	43.2%
الضخ بطاقة الرياح	نظام بسعة 476kwh في اليوم	214000	47.9%
الضخ بطاقة الرياح	24 وحدة كل منها $120m^3$ في اليوم	353000	79.0%
الضخ بالديزل	3 أنظمة كل منها $1000m^3$ في اليوم	447000	----

دراسة تطبيقية (2)
لأنظمة ضخ بالطاقة الشمسية والديزل لقدرات مختلفة تم حساب تكلفة ضخ المياه (بوحدة$/$m^4$)
حيث :
m^4 = [(m³) حجم المياه] × [(m) الارتفاع الديناميكي الكلي]
يوضح جدول(7) مقارنة تكاليف المياه لنظامى ضخ المياه بالطاقة الشمسية والديزل والذى يتبين منه انخفاض التكلفة بالنظام الشمسى فى حالتى قدرة النظام تساوى2kwp ، 1kwp
بينما تتساوى التكلفة فى النظامين عند قدرة 4kwp

جدول(7) مقارنة تكاليف ضخ المياه لنظامى ضخ المياه بالطاقة الشمسية والديزل (بوحدة $/$m^4$)

قدرة النظام (kwp)	تكلفة المياه لنظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية	تكلفة المياه لنظام ضخ المياه بالديزل
1	1.7	2.2
2	1.11	1.28
4	0.85	0.85

(Energypedia.com 2015)

ب. لأنظمة ضخ بالطاقة الشمسية بأماكن مختلفة بالمملكة العربية السعودية فقد تم حساب تكلفة ضخ المياه بوحدة (US ¢ / m³) والموضحة بجدول (8)

جدول (8) تكلفة ضخ المياة بالطاقة الشمسية

المكان	تكلفة ضخ المياه عند ارتفاع ديناميكى كلى = 50m (US ¢ / m³)
الظهران	2.68
الرياض	2.63
جدة	2.61
القريات	2.63
نجران	2.24
المتوسط	2.56

https://www.hindawi.com/journals/ijp/2012/

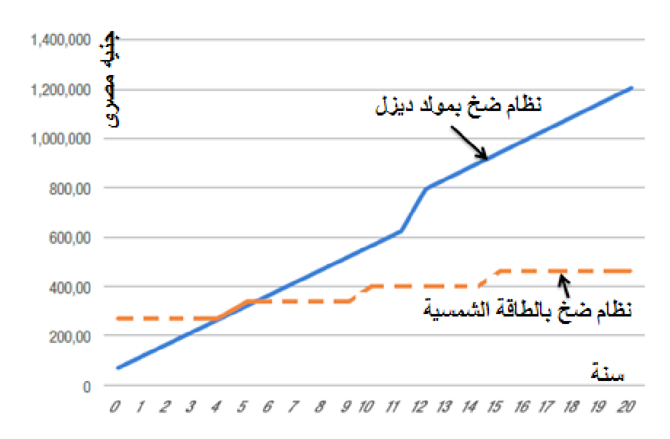
دراسة تطبيقية (3)

هذه الدراسة استندت فى حسابات نظامي ضخ بالطاقة الشمسية وبالديزل على أسعار السوق اعتبارًا من أغسطس 2017 ، تم تنفيذ الحسابات لفترة تشغيل 20 سنة ؛ علما بأن العمر الإفتراضي لمولد الديزل 17520 ساعه (حوالي 1460 ساعه / السنة) بفرض زيادة سعر الديزل 5% سنويا مع ثبات العوامل الأخرى ، ويوضح جدول (9) مقارنة تكاليف نظامي الضخ بالطاقة الشمسية وبالديزل لهذا التطبيق

فقد أظهرت نتائج الحسابات أنها لصالح نظم الري التي تديرها الطاقة الشمسية الكهروضوئية كما هو مبين في شكل (2) والذى يبين التكاليف التراكمية لنظامى ضخ بالطاقة الشمسية وبمولد الديزل. ويلاحظ فى هذا الشكل أن نقطة التعادل بين النظامين تكون بين خمسة وستة سنوات ، وبعد ذلك ستزيد تكلفة نظام الديزل بشكل كبير ، في حين أن النظام الشمسي سيكون أقل تكلفة وأكثر احتمالا كخيار لتوفير التكلفة.

جدول (9) مقارنة تكاليف نظامي ضخ بالطاقة الشمسية وبالديزل

البيان	نظام الضخ بالطاقة الشمسية	نظام الضخ بالديزل
قدرة النظام	20KWP	25KW للمولد الديزل 12-15HPلمضخة المياه
التكلفة الأولية (جنيه مصري)	280000	75000
تكلفة وحدة kwp (جنيه مصري)	14000 / KWP	
تكلفة ملحقات (جنيه مصري)	60000 (العمر الإفتراضي للعاكس 5 سنوات لذا يتم إضافة تكلفة تغيير عدد 3 عاكسات خلال العمر الإفتراضي للنظام)	120000 (احتاج المولد إلى تغيير كل 12 سنة)
تكاليف التشغيل السنوية (جنيه)	500	- زيادة 5% سنويا في سعر الديزل - إضافة تكاليف إستبدال مرشحات الهواء – الزيت – الديزل ، حيث أن العمر الإفتراضي لكل مرشح 170 ساعه



شكل (2) التكاليف التراكمية لنظامى ضخ بالطاقة الشمسية وبمولد الديزل

دراسة تطبيقية (4)

لنظامي ضخ بالطاقة الشمسية والديزل :

- العمل من الساعة 6:30 صباحا حتى الساعة 6 مساءا
- وقود الديزل 4 لتر / ساعة

يوضح جدول (10) تكاليف نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية
بينما يوضح جدول (11) تكاليف نظام ضخ المياه بالديزل لمدة 4 سنوات ، وفيه يلاحظ التساوى التقريبى لتكلفة النظامين بعد 4 سنوات تشغل

جدول (10) تكاليف نظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية

المكون	التكلفة	
	$	%
المصفوفة الشمسية (18.75kwp)	18564	35
المضخة / المحرك	3256	6.1
وحدة التحكم	3740	7.1
باقي المكونات (كابلات + ملحقات)	19012.5	35.8
هيكل تثبيت المصفوفة	4760	9.0
النقل وأجور عمالة الإنشاءات	3716.17	7.0
الإجمالي	53048.67	100%
تكلفة Wp	2.83 $/Wp	

جدول (11) تكاليف نظام ضخ المياه بالديزل (لمدة 4 سنوات)

المكون	التكلفة	
	$	%
مجموعه مولد/ ديزل (30kva)	13274.4	25.9
المضخه / المحرك والملحقات	3725.6	7.3
النقل والإنشاءات	10315	20.1
تكاليف وقود الديزل ($/y) (1.25 $ / 4 L/h)	21600	42.2
تكاليف التشغيل والصيانة ($ /y) تزييت المحاور شهريا (زيت / شحم) تغيير قطع غيار شهريا (مرشح زيت / مرشح وقود) صيانة دورية كل 6 شهور ،صيانة وقائية كل سنة	720 960 600	4.5
الإجمالي	$51195	100%

دراسة تطبيقية (5)

نظام ضخ مياه للري وبياناتة كالتالي:

معدل السريان$12m^3$ / d

الإرتفاع 80m

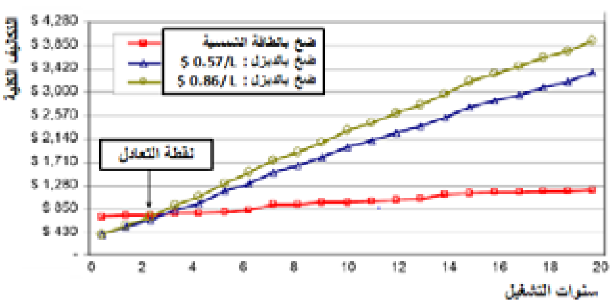
متوسط تكلفة الديزل لحالتى التكلفة الآتية :

$0.86 / liter

$0.57 / liter

يوضح شكل (3) مقارنة بين تكاليف نظامى ضخ محطة طاقة شمسية ومولد ديزل عند سعرين لمتوسط تكلفة وقود الديزل هما 0.86 $/L & 0.57 $/L وذلك على مدى عمر تشغيل 20 عاما ، وفى الشكل نجد أن نقطة التعادل حوالى سنتين فى حالتى سعرى الوقود .تعرف نقطة التعادل (breakeven) بأنها عدد السنوات التى عندها يتساوى سعر كل من تكلفة المحطة الشمسية وتكلفة الديزل وبعدها ترتفع تكلفة الديزل بصورة مذهلة نتيجة تكاليف الصيانة والتشغيل وإستبدال بعض ملحقات النظام.

وبتعميم هذا على معدل سريان مختلف وإرتفاعات مختلفة نحصل على جدول (12) وفيه نحصل على نقط التعادل للحالات المختلفة والتى أغلبها يشير إلى أفضلية استخدام الضخ بالطاقة الشمسية عن الديزل . ونجد أيضا أنه عند بعض الإرتفاعات وطلب المياه اليومي تتجه الدراسة إلى استخدام الديزل (وهى المواضع بالجدول المكتوب بها كلمة «ديزل»).



شكل (3) مقارنة بين تكاليف ضخ من محطة طاقة شمسية و ديزل عند سعرين لوقود الديزل

جدول (12) نقطة التعادل لمعدلات سريان مختلفة وإرتفاعات مختلفة

الارتفاع (m)	طلب المياه اليومى (m3/d)							
	3	5	8	10	13	17	25	50
20	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.6	1.3	2.8
40	0.0	0.0	0.4	0.9	1.0	1.1	2.6	4.1
60	0.0	0.0	0.9	1.2	1.7	2.6	3.5	5.1
80	0.0	0.0	1.3	1.6	2.3	3.7	4.6	7.1
100	0.0	0.1	2.3	3.1	3.7	4.6	6.1	ديزل
120	0.0	1.1	2.4	3.9	4.4	5.7	6.5	ديزل
160	0.0	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل
200	0.0	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل	ديزل

(Emcon - 2006 - UNDP)

دراسة تطبيقية (6)

مزرعة تتكون من 20 فدان ، يستهلك الفدان الواحد 20 متر مكعب مياه يوميا وعمق المياه عند 50 متر، متوسط عدد ساعات الري 7 ساعات يوميا ، تحتاج المزرعة إلى مضخة 20 حصان. ولاجراء مقارنة بين تكلفة نظامى ضخ المياه بالطاقة الشمسية وبالديزل ، يؤخذ فى الاعتبار ما يلى :

مولد الديزل

- يتم تغيير الزيت كل شهر (بمعدل 250 – 200 ساعة) بتكلفة سنوية 6000 جنيه
- لا يتم إدراج تكلفة عَمرة طلمبة الوقود على مدى سنين المقارنة
- لا يتم إدراج حساب الزيادة السنوية في أسعار السولار والزيت والعمرة على مدى سنين المقارنة
- تكلفه عمره المحرك كل 4 سنوات : 10000 جنيه

من جدول (5) نحصل على معدل إستهلاك وقود الديزل في الساعة = 3.5 لتر عند ¾ الحمل إعتمادا على كفاءة المولد ، فالأنواع الجديدة من المولدات تستهلك وقود أقل .

كمية وقود الديزل في اليوم =7×3.5= 24.5 لتر

كمية وقود الديزل سنويا = 365× 24.5= 8942.5 لتر

سعر لتر وقود الديزل = 5.5 جنيه مصري

التكلفه السنوية للوقود = 49184 جنيه مصري

المصفوفة الشمسية

متوسط سعر kwp = 15000جنيه

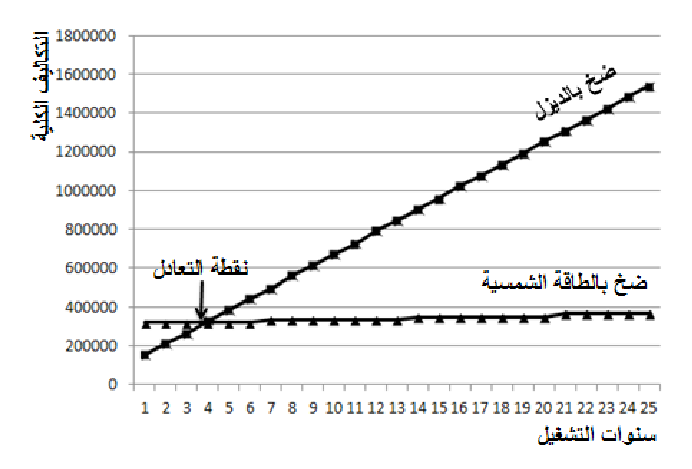
عمر الإنفرتر 7 سنوات (أى يستبدل كل سبعة سنوات بسعر 15000 جنيه) ويوضح جدول (13) مقارنة تكاليف نظامى ضخ بالطاقة الشمسية وبالديزل لمدة 25 عام لتشغيل مضخة 20 حصان ، بينما يوضح جدول (14) مقارنة التكاليف التراكمية للنظامين والتى سجلت فى شكل (4)

جدول (13) مقارنة تكاليف نظامى ضخ بالطاقة الشمسية وبالديزل لمدة 25 عام

سنوات التشغيل	تكلفة الضخ بمولد ديزل (جنيه مصرى)	تكلفة الضخ بالطاقة الشمسية (جنيه مصرى)
1	100000 (تكلفة أولية) + 49184 (تكلفة الوقود) +6000(تكلفة الزيت) = 155184	320000 (تكلفة أوليه)
2	49184 +6000 = 55184	_
3	49184 +6000 = 55184	_
4	49184 +6000 + 10000 (عمره محرك) =65184	_
5	49184 +6000 = 55184	_
6	49184 +6000 = 55184	_
7	49184 +6000 = 55184	15000 (تغيير الانفرتر)
8	49184 +6000 + 10000 (عمرة محرك)	_
9	49184 +6000 = 55184	_
10	49184 +6000 = 55184	_
11	49184 +6000 = 55184	_
12	49184 +6000 + 10000 (عمرة محرك)	_
13	49184 +6000 = 55184	_
14	49184 +6000 = 55184	15000 (تغيير الانفرتر)
15	49184 +6000 = 55184	_
16	49184 +6000 + 10000 (عمرة محرك)	_
17	49184 +6000 = 55184	_
18	49184 +6000 = 55184	_
19	49184 +6000 = 55184	_
20	49184 +6000 + 10000 (عمرة محرك)	_
21	49184 +6000 = 55184	15000 (تغيير الانفرتر)
22	49184 +6000 = 55184	_
23	49184 +6000 = 55184	_
24	49184 +6000 + 10000 (عمرة محرك)	_
25	49184 +6000 = 55184	_
الاجمالى	1539600	365000

جدول (14) مقارنة التكاليف التراكمية للجدول (13)

سنوات التشغيل	تكلفة الضخ بمولد ديزل (جنيه مصرى)	تكلفة الضخ بالطاقة الشمسية (جنيه مصرى)
1	155184	320000
2	210368	320000
3	265552	320000
4	330736	320000
5	385920	320000
6	441104	320000
7	496288	335000
8	561472	335000
9	616656	335000
10	671840	335000
11	727024	335000
12	792208	335000
13	847392	335000
14	902576	350000
15	957760	350000
16	1022944	350000
17	1078128	350000
18	1133312	350000
19	1188496	350000
20	1253680	350000
21	1308864	365000
22	1364048	365000
23	1419232	365000
24	1484416	365000
25	1539600	365000



شكل (4) مقارنة التكاليف التراكميه للدراسة التطبيقيه (6)

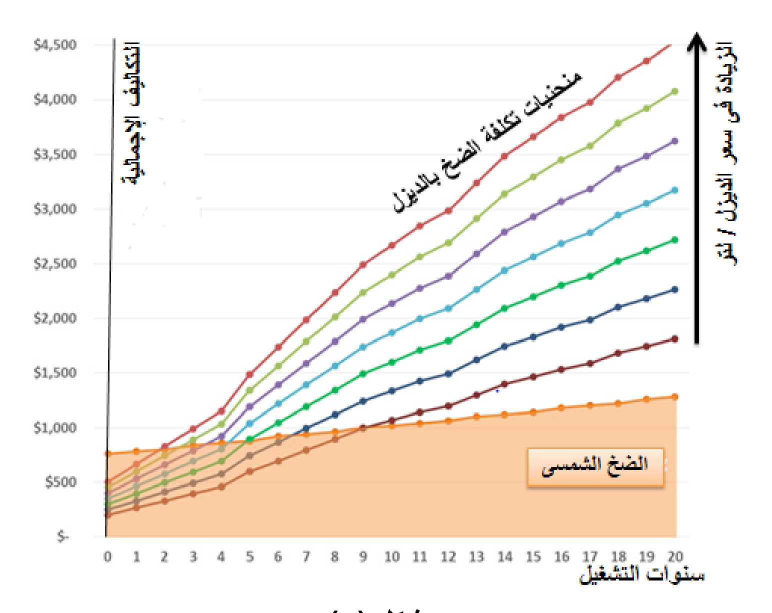
من التطبيقات المتعددة نجد أن :

- التكلفة الأولية لمولدات الديزل هى الأقل
- بعد عدد من السنوات تزيد تكلفة استخدام مولد الديزل عن تكلفة استخدام الطاقة الشمسية تمثل هذه السنوات بـ « نقطة التعادل » والتى كانت حوالى 4 سنوات
- بعد استخدام الضخ بالديزل لسنوات التشغيل المتوقعة (من 20 الى 25 سنة) عندئذ تصل تكلفته الاجمالية إلى أضعاف ما تصل إليه التكلفة الاجمالية للضخ بالطاقة الشمسية
- تتزايد تكاليف الديزل لأنظمة الري بصورة حادة بسبب ارتفاع أسعاروقود الديزل ، ويوضح شكل (5) نتيجة ذلك مقارنة بالرى بالطاقة الشمسية
- عند رفع الدعم عن وقود الديزل ستزيد التكلفة جدا كما هو واضح فى شكل (6) الذى يبين العلاقة بين تكاليف نظامي الضخ بالطاقة الشمسية والضخ بالديزل وذلك عندما يكون سعروقود الديزل مدعم وغير مدعم (من دراسة استدامة المياه الجوفية بمشروع المليون ونصف مليون فدان – مصر)
- على الرغم من ارتفاع التكلفة الأولية لضخ المياه بالطاقة الشمسية إلا أنها الاختيار الأفضل والأكفاء والأوفر اقتصاديا على مدى عمر التشغيل
- لخصت دراسة وتطبيق أجرى لمزرعة صحراوية نائية بمصر أن الاختيار الأفضل لحالتى تكلفة انتاج الكهرباء وتكلفة ضخ المياه هى الطاقة الشمسية ، كما هو واضح فى جدول (15)

جدول (15) مقارنة التكاليف في انتاج الكهرباء والمياه بنظامى الطاقة الشمسية والديزل

البند	مولد ديزل	نظام طاقة شمسية	نسبة الوفر
تكلفة انتاج الكهرباء	1.3 LE / Kwh	0.95 LE / Kwh	27 %
تكلفة ضخ مياه الرى	0.35 LE / m^3	0.19 LE / m^3	46 %

https://energypedia.info/wiki/Solar-Powered



شكل (5)

العلاقة بين تكاليف نظامى الضخ بالطاقة الشمسية

والضخ بالديزل عند ارتفاع أسعار وقود الديزل



شكل (6)

العلاقة بين تكاليف نظامي الضخ بالطاقة الشمسية والضخ بالديزل

عندما يكون سعروقود الديزل مدعم وغير مدعم

الباب العاشر

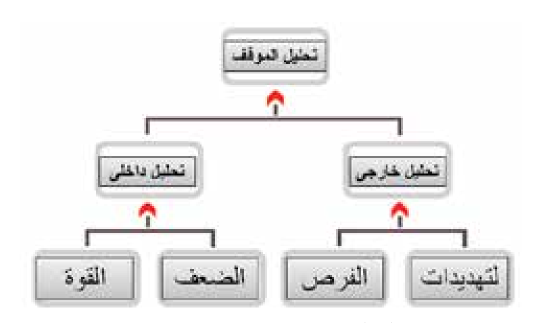
التحليل الرباعى لضخ المياه بالطاقة الشمسية

(SWOT SOLAR WATER PUMP ANALYSISY)

التحليل الرباعى (SWOT analysis)
هو المفتاح المفيد والأكثر شهرة وانتشارا لمراجعة وتحليل جميع الأنشطة والخطط الاستراتيجية للأعمال والبيئة. لإنه أداة سريعة نسبياً للإشارة إلى القوة التنظيمية والضعف والفرص والتهديدات لأى مجال أو نشاط تحت الدراسة . أى أنه أحد أشهر أدوات التخطيط والذى يقوم بتحليل أوضاع أى نشاط وتحليل البيئة الداخلية والخارجية له ، تلك الأداة تصنف العوامل إلى عوامل سلبية أو إيجابية. إن كانت سلبية عالجتها وإن كانت إيجابية استغلتها.
نقاط القوة والضعف ببساطة هي العوامل الداخلية والتي تقع في نطاق سيطرة النشاط تحت الدراسة .
تشير الحروف SWOT الى تحليل نقاط : القوة – الضعف – الفرص – التهديدات
Strengths (S), Weaknesses (W), Opportunities (O) and Threats (T)
تعود نشأة وظهور التحليل الرباعى SWOT من خلال مجموعة من الأبحاث الصادرة عن معهد ستانفورد خلال الفترة الزمنيّة بين سنوات1960 م و1970م؛ ففي نهايات الخمسينيات من القرن العشرين الميلادى- فشلت العمليات الاستثماريّة لمجموعة من المُنشآت في الولايات المُتّحدة الأمريكيّة في تطبيق التخطيط الاستراتيجيّ الخاص بأعمالها الإنتاجيّة، فحرصت هذه المُنشآت في مطلع سنة 1960م على تطوير استراتيجيّة تُساعدها على التخطيط لتجنّب الفشل، فتمكّنت من الوصول إلى فكرة التحليل الرباعى SWOT
وفيما يلى التعريف العام والشائع لنقاط التحليل الرباعى
نقاط القوة
هي العوامل الداخلية او الأنشطة التي تؤثر إيجابياً و تدار بطريقة جيدة، أي المزايا والإمكانيات التي يتمتع بها النشاط بالمقارنة لما يتمتع به الآخرين ، ويطلق على نواحي القوة البارزة "القدرة المميزة" حيث تحقق ميزة تنافسية في مجالها. وقد تتمثل نقاط القوة في الموارد المالية أو وجود عمالة ذات خبرة وكفاءة مميزة
نقاط الضعف
هي العوامل الداخلية التي تؤثر سلباً على النشاط،، ولا تتمتع بميزة تنافسية أو تدار بطريقة ضعيفة. أي وجود قصور أو عجز في الموارد أو المهارات أو القدرات والذي قد تًحد من الأداء الفعال للنشاط بشكل مؤثر، ومن أمثلة نقاط الضعف الموارد المالية والتكنولوجية أو ضعف العلامة التجارية.
أما بالنسبة للفرص والتهديدات فهي العوامل الخارجية والتي ليس للنشاط تحت الدراسة تأثير عليها والتي يمكن أن تستغل للصالح فتصبح فرصة أو تستخدم ضدها فتصبح تهديداً.
الفرص
هي العوامل الخارجية التي تصب في مصلحة النشاط أى وجود تغيرات ايجابية فى مكونات البيئة الخارجية، أو موقف مفضل أو مرغوب في بيئة النشاط مثل سهولة إيجاد تقنية وتطبيقها.
التهديدات
هي العوامل الخارجية التي تؤثر بصورة سلبية على أداء النشاط أى وجود متغيرات سلبية يجب تجنبها، أو موقفاً غير مفضل وغير مرغوب في بيئة النشاط مثل المؤشرات البيئية السلبية.
يوضح شكل (1) تمثيل التحليل الرباعى SWOT
يوضح شكل (2) تخطيط سريان التحليل الرباعى SWOT



شكل (1)تمثيل التحليل الرباعى SWOT



شكل (2) تخطيط سريان التحليل الرباعى SWOT

نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

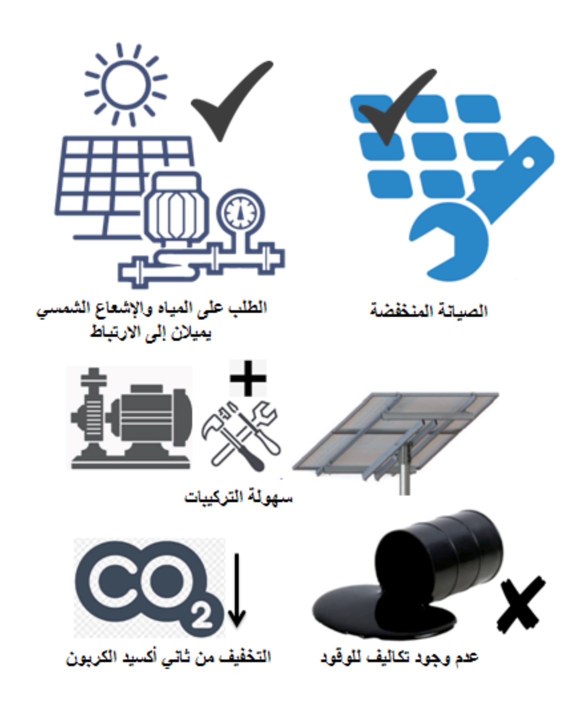
- يتطلب التطبيق الناجح لأي مضخة مياه (سواء كانت تعمل بواسطة القوة البشرية أو الحيوانية أو الجاذبية أو الوقود الأحفوري أو مصادر الطاقة المتجددة) تطابقا متوازنا بين الطلب على المياه ومصادر الموارد المختارة لتشغيل المضخة. في حالة الضخ بالطاقة الشمسية ، على الرغم من توافر الطاقة الشمسية بكثرة في العديد من المناطق في العالم ، مع ذلك ، ونظراً للفترات الملبدة بالغيوم فإن ذلك يؤدى إلى انقطاع إمدادات المياه ، عندئذ يكون من الصواب تركيب مخزن للمياه.

- ومع ذلك، نرى أن أنظمة الضخ بالطاقة الشمسية قادرة على توفير البديل الإقتصادي والبيئى للمشاريع متوسطة الحجم لأنظمة الضخ بالديزل ، ولا سيما مع انخفاض أسعار الخلايا الشمسية الفوتوفلتية. فعلى الرغم من ارتفاع تكاليف الاستثمارات الأولية (مقارنة بمضخات الديزل) ، إلا أن الجدوى الاقتصادية تحققت بسبب انخفاض التكاليف بشكل كبير عموما ، يعتمد اختيار تكنولوجيا أنظمة الضخ المناسبة على الظروف المحلية ، خاصة فيما يتعلق بالموارد المتاحة (الطاقة الشمسية ، الديزل ، إلخ) والطلب على المياه.

نقاط القوة

- اقتران الإمداد بالموارد مع الطلب حيث أن الطلب على المياه والإشعاع الشمسي يميلان إلى الارتباط
- الصيانة المنخفضة للنظام
- سهولة التركيبات والإدارة
- عدم وجود تكاليف للوقود وعدم التعرض لتقلب أسعار الوقود
- الأثر البيئى (التخفيف من ثاني أكسيد الكربون والحد من انبعاثات الضوضاء)
- التطويرمن الناحية الفنية
- موثوق بها
- تنافسية اقتصاديًا
- زيادة في المساحات المزروعة
- وجود الكوادر الفنية والمدربة المتخصصة.

يوضح شكل (3) أمثلة لنقاط القوة لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية



شكل (3) أمثلة لنقاط القوة لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

نقاط الضعف

- تكاليف استثمارية عالية نسبياً
- أقل تواجد في الأسواق
- انخفاض اهتمام المزارعين
- مطلوب تخزين المياه فى فترات الغيوم
- لا يدرك المزارعون والخدمات الإرشادية تنوع التكنولوجيات الجديدة التي قد تكون مناسبة لهم
- نظام الضخ بالطاقة الشمسية يعتبر جديدا نسبياً ، لذا فالمزارعون لديهم صعوبة للوصول إلى الموزعين للتركيب ، والإجراءات، والخدمة
- ضعف الموارد المالية وتخوف المستثمرين
- عدم دخول القطاع الخاص فى هذا العمل
- لا يعطى ضمان الجودة دائما
- خطر السرقة

يوضح شكل (4) أمثلة لنقاط الضعف لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية



شكل (4) أمثلة لنقاط الضعف لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

الفرص

- انخفاض أسعار الألواح الشمسية ، والذى يؤدى إلى تحسين القدرة التنافسية الاقتصادية لأنظمة الضخ بالطاقة الشمسية
- يمكن أن تستخدم الكهرباء لأغراض أخرى في غير موسمها بسهولة نسبية
- يحتمل تسويق المياه الزائدة فى السوق
- زيادة الحصاد
- انخفاض انبعاثات CO^2 مقارنة بانبعاثات أنظمة الضخ بالديزل.
- خفض انبعاثات الضوضاء
- خلق فرص العمل (مثل الفنيين ومحلات قطع الغيار) والإنتاج المحلي
- استقلالية الطاقة في حالة فشل مصادر الطاقة التقليدية
- خيارات الزراعة الجماعية
- الإستظلال تحت لوحات PV
- اهتمام الحكومة لزيادة الاستثمارات
- تطور البحث العلمي والتعليم والتأهيل وتوطين التقنيات الحديثة

ويوضح شكل (5) أمثلة لنقاط الفرص لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية



شكل (5) أمثلة لنقاط الفرص لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

التهديدات

- التركيبات الخاطئة (اتجاه الألواح ، الأسلاك ، زاوية الميل ، التظليل .... إلخ)
- عدم وجود صيانة (تنظيف اللوحات ، الفحص والكشف والمتابعة السنوية لوحدة تحكم المضخة) يؤدي إلى انخفاض الانتاج
- مهارات الإصلاح غير متوفرة في كثير من أنحاء العالم
- الإفراط في استخدام الموارد المائية
- تعرض المعدات للسرقة (الألواح ....إلخ)
- تأثر الموارد الطبيعية بالعوامل البيئية والمناخية
- نقص في مصادر المياه
- نقص التمويل
- قطع الغيار غير متوفرة
- زيادة أسعار النفط (فى حالة استخدام نظام مكون من الـ PV ومولد الديزل)

يوضح شكل (6) أمثلة لنقاط التهديدات لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية



شكل (6) أمثلة لنقاط التهديدات لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

الخلاصة

أهمية تحليل SWOT لأنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية

يُعدّ تحليل SWOT المرحلة الأولى من مراحل إعداد وتصميم نظام الضخ، حيث يُساعد على اتّخاذ وصناعة القرارات ، ويعد أيضاً من الطرق السهلة وذات الأهمية الكبيرة؛ حيث لا يجوز تجاهله أو عدم استخدامه في بيئة العمل، وتُلخَّص أهمية تحليل SWOT وفقاً للنقاط الآتية :

يساعد تحليل SWOT على معرفة جميع عناصر القوّة التي من الممكن استخدامها للتعامل مع التهديدات والعقبات، كما يوفر الوسائل المُناسبة للاستفادة من الفرص المتاحة، ويُقلّل من السيطرة الناتجة عن عناصر الضعف المؤثرة في كفاءة عمل النظام .

- يساهم تحليل SWOT في تقديم العلاج المناسب للحالات الصعبة ؛ مثل الأراضى الصخرية وتوافر مصادر المياه.
- يوفر تحليل SWOT القدرة على اختيار أفضل النظم، ومراجعة جميع البيانات والمعلومات.
- يدعم تحليل SWOT الوصول إلى أفضل الأنواع فنيا واقتصاديا وبالتالى تتحقيق الأهداف.
- يقدّم تحليل SWOT معلومات عن جميع عناصر: التهديدات، القوّة، والفرص، الضعف؛ من أجل تطبيق تحليل مفيد للنظم .
- يوفر تحليل SWOT التكنولوجيات الجديدة والحديثة للنظم ، وبالتالى اختيار القرارات التي تتميّز بالفعالية.
- يوفر تحليل SWOT التوصيات المناسبة لإعداد دراسات الجدوى الاقتصادية لأنظمة الضخ.

مرفق (1)

الصَنَاتُون

الصَنَاتُون

مُنذ القدم اجتهد الإنسان في البحث عن المياه عن طريق حفر الآباروالأن قبل حفر البئر أو اختيار مكانه هناك أدلة على وجود المياه بمكان محدد أولا. ولهذه الأدلة أُناس مُجتهدون وممارسون لمهنة البحث عن المياه يُسميهم العامة بـ « الصَنَاتُون » وهم من يُنصتون أو يتصنتون على صوت جريان الماء بباطن الأرض، هؤلاء الصناتين موجودون على مستوى العالم وأصبحت مهنة يمتهنها الكثيرون ولهذه المهنة ممارسون لها أثبتت التجارب نجاحهم، من هؤلاء الصناتون بالسعودية ودول الخليج والجزائر :

الكعبي يحدّد أماكن المياه الجوفية بقطعتَي حديد

بقطعتي حديد فقط يتمكن المواطن خلفان سالم الكعبي من تحديد أماكن المياه الجوفية في باطن الأرض بدقة عالية تصل إلى 98%، ويقدم هذه الخدمة إلى المزارعين بدون مقابل فى مدينة العين، كما يستعين به مزارعي المنطقة الوسطى في الشارقة، ومزارعون في سلطنة عمان.

حيث يستخدم قطعتَي حديد يُمسك بهما بكلتا يديه ثم يرفعهما إلى مستوى كتفيه، ويمشي بهما في المزرعة أو المكان المراد تحديد مكان المياه الجوفية فيه، وعند تحرّك قطعتَي الحديد باتجاه محدد يتمكن من الاستدلال على مسار جريان المياه في الطبقات الجوفية من الأرض، ثم يحدد الموقع الذي يجب أن يحفر فيه البئر، والعمق التقريبي المطلوب للوصول إلى المياه.

ويحدد للمزارعين أماكن وجود المياه الجوفية على أعماق من 100 إلى 1000 قدم في باطن الأرض. يوضح شكل (1) الكعبي وهو يحدّد أماكن المياه الجوفية بقطعتَي حديد

إن خدماته لا تقتصر على مدينة العين، إنما يستعين به مزارعي المنطقة الوسطى في الشارقة، ومزارعون في سلطنة عمان.



شكل (1) الكعبي وهو يحدّد أماكن المياه الجوفية بقطعتَي حديد

عبيد بن حمدان المحمدي يستخدم (سيخاً) من الحديد

يعتبر المحمدي ذو خبرة طويلة بهذا المجال ويقول لا أحد يعلم الغيب إلا الله سبحانه وتعالى وما يفعله هو اجتهادا قابلا للصواب أو الخطأ ولا يجزم لأحدهم بوجود المياه من عدمه بهذا المكان، وإنما يقول له أن هنالك إشارات على وجود المياه ويبرئ ذمته من الجزم بذلك أو النفي وللمستفيد حرية الاختيار بين الأخذ باجتهاده أو تجاهله. وأفاد بأنه بدأ مجال « الصناتة » منذ عام 1410هـ واستطاع حتى الآن الاسترشاد على وجود المياه لعدد (2556) بئراً تم حفرها والعثور على المياه فيها، مؤكداً أنه لم يتقاض عليها أى أجر، حيث يستخدم « سيخاً » من الحديد له آلية للعمل تعتمد على الإمساك به بيده والمشي فوق الأرض المراد البحث عن المياه في باطنه، افإذا تحرك هذا «السيخ» الحديدي وبدأ بالدوران حول نفسه، كان ذلك إشارة على وجود المياه بباطن هذه الأرض وتحديداً فوق المكان الذي تحرك فيه (السيخ)

أحمد بن عليان الحربي يستخدم سيخين من الحديد

يوضح أنه أمضى أكثر من 8 سنوات بهذا المجال وأسهم بفضل الله في الاسترشاد لعدد من أماكن حفر الآبار للمزارعين ، مؤكداً أن ما نسبته 90% من اجتهاده أسفر بفضل الله وعونه عن وجود مياه ، أما عن النسبة الباقية فيُرجعها لوجود (هُوَاتْ) بباطن الأرض قد يسبب الحفر في بعض الأحيان إلى تسرب المياه منها إلى أعماق بعيده مما يُصعب عملية مواصلة الحفر، لأن المياه انتقل أو سقط لعمق أكثر بسبب هذه الهوات العميقة في جوف الأرض. وهو يستخدم « سيخين من الحديد » يحملها بيديه ويتحرك بها على سطح الأرض المُراد البحث عن المياه في جوفها، وإذا تحركت كان ذلك دلالة على وجود المياه بهذا المكان، موضحاً أن قوة الحركة لهذيّن السيخيّن له دلالة على كمية المياه ، فإذا كانت الحركة قوية كانت المياه أكثر وفرة وإذا كانت عادية أو مائلة للبطء تكون كمية المياه عادية أو قليلة. ويضيف الحربي أن هناك دلائل على ما إذا كانت المياه المُراد الحفر عنها حلوة أو مالحة مُبيناً أن طبيعة سطح الأرض ونوعها تُعطي الدليل على ذلك، فإذا كانت الأرض وتربتها زيتّية (دُهنية) كان ذلك إشارة على ملوحة المياه بجوف الأرض دون سواها.

(http://www.aleqt.com/2012/07/18/article_675564.html)

مرزوقي عبد الكريم يستخدم غصن زيتون

وهو من أشهر المختصين في الكشف عن المياه الجوفية بمنطقة الصومام (هي جبال ضمن سلسلة الأطلس التلي في منطقة القبائل – الجزائر) وحتى خارجه. التقنية المستخدمة من قبله في الكشف عن المياه الجوفية، تتمثل في غصن زيتون يكون على شكل الحرف اللاتيني Y ومكون من ثلاثة فروع، حيث يمسك اثنان بيده والثالث يستشعر به ما يسميه "الترددات المسجلة" التي تسبب دوران الغصن، بما يحدد أماكن تواجد المياه الجوفية، وهي من أفضل الطرق المعتمدة من قبل كاشفي المياه المعدنية مشيرا إلى وجود طرق أخرى متمثلة في اعتماد تقنية أسلاك البرونز. وأن أفضل فترة للكشف عن هذه المياه متمثلة في شهرى أكتوبر ونوفمبر وهى فترات الاعتدال للمياه الجوفية.

وأوضح أن "موهبته" في الكشف عن المياه الجوفية لا تتوقف فقط عند استخدام تقنية غصن الزيتون وقضبان البرونز بالأراضي والمناطق التي يزورها بل امتدت هذه الأخيرة لتمكنه من الكشف عنها حتى وهو بعيد، وذلك من خلال استخدام تكنولوجيا الهاتف النقال، التي تسمح له بالكشف عن وجود المياه الجوفية، وهي تقنية توفر على أصحاب الطلب مشقة التنقل، موضحا أن الكيفية التي يعتمدها في المسألة تكمن في طلبه من المتصل به تحديد شكل الأرض، بعدها يطلب منه وضع قارورة مياه في جيبه أو بيده ثم السير على قطعة الأرض، حيث يمكنه الاستمرار في الاتصال الهاتفي مع الشخص من تحديد وجود المياه الجوفية من عدمه مفسرا هذه الظاهرة الغريبة بالاستعانة في تواصله مع عقل الشخص الذي يسهل عليه العملية. مشيرا إلى أن المسالة يجب أن لا تتجاوز الـ10 دقائق "كونها مستهلكة للطاقة، بالنظر إلى التركيز العالي الذي تشترطه العملية ، يبين شكل (2) مرزوقي يحدّد أماكن المياه الجوفية بغصن زيتون

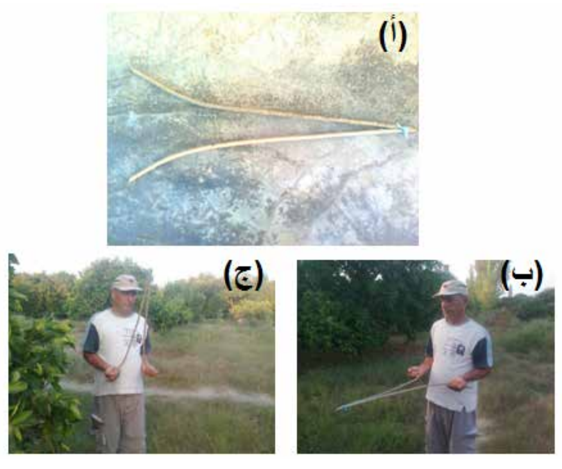


شكل (2) مرزوقي يحدّد أماكن المياه الجوفية بغصن زيتون

أيمن محرز يستخدم قضبان الرّمّان

لا تزال الطّريقة القديمة في الاستدلال على المياه الجوفيّة بواسطة (قضبان الرُمّان) تحتلّ مكانةً مهمّة، كوسيلةٍ ناجحةٍ في تحديد موقعِ حفرِ الآبار . حيث يتم اختيار قضباناً غضّةً، وغيرَ سميكةٍ، وانسيّابيّةً، من أجل سهولة الالتواءِ والمسكِ بلا مُقاومةٍ، وتكونُ بطولِ مترٍ واحدٍ أو أقلّ أو أكثر من ذلكَ بقليلٍ. حيث يمسكُ قضيبي الرّمّان بطريقةٍ مُحدّدةٍ بعد ربطهما بخيط نايلون في الطّرف الحرّ، حيث تأخذ شكل حرف V، وتكون راحةُ اليدِ للأعلى، ويتمّ إسنادهما بواسطة الخاصرة بعد لَيّ الطّرف الممسوك بشكلِ حرف اللام. ويجب ألا نضغط كثيراً باليد عليهما كي نمنحَهما حرّيّةَ الحركةِ، والتّأثّرَ بمجرى المياه والينابيع. وعند الاقتراب من نبع مياه نشعرُ بخدرٍ بسيطٍ، «تنميلٍ» في اليدين، ثمّ ترتفعُ القضبان تدريجيّاً. وعندما يكون النبعُ غزيراً جدّاً فإنّ القضبان قد ترتطمُ بالأنفِ أو بالجبهة .

وعن وقت هذه العمليّة فانها تنشط غالباً في وقتِ الجفاف ما بين (آب) إلى (تشرين الثّاني)، ويتمّ الاستدلال على المياه في وقتِ الصّباح الباكر، وعند الغروب ، وفي ساعات اللّيل المُتأخّرة. يوضح شكل (3) المستكشف (أيمن محرز) من أبناء قرية (الأشرفيّة)أثناء تحديّد اماكن المياه الجوفية .



شكل (3) المستكشف «أيمن محرز» من أبناء قرية «الأشرفيّة»أثناء تحديّد أماكن المياه الجوفية

أ. قضبان الرمان جاهزة للعمل
ب. أثناء العمل
ج. ارتفاع قضبان الرّمّان كدليل على غزارة المياه الجوفية

ذكر تود (Todd،1980) بأن الاحصاءات الأمريكية تشير الى أن هنالك 181 مستنبئا (متصنتا) لكل مليون نسمة يمارسون أعمالهم في أمريكا وخاصة في المناطق الفقيرة بالمياه. كما أن الصحف الأمريكية تورد العديد من القصص عن المستنبئين وأعمالهم . كذلك ورد في مجلة (New Scuentist) الانجليزية ان الاستنباء علم وليس سحرا (Dowsing is science not magic) .

وأخيرا وبطريقة مبسطة فإن التفسير العلمي لهذه الظاهرة حسب ما ورد في المراجع العلمية أن حركة المياه تحتك بالتربة ، فيخلق مجالا له خواص (الكهرومغناطيسية) ، هذا المجال يؤثر على بعض (البشر والحيوانات) بطريقة لا شعورية ، ويتجسد هذا الشعور عن طريق الإمساك ببعض الأجسام، كالقضبان الخشبية أو القضيب المعدني مما يحدد قوة هذا المجال واتجاهه .

مرفق (2)

جداول دليل اختيار الكابلات للشركات المصنعة للمضخات الغاطسة

" جداول دليل اختيار الكابلات للشركات المصنعة للمضخات الغاطسة "

جدول (١) بيانات دليل اختيار كابلات عند 30° C و 415V للمضخات الغاطسة
(كابل مزدوج لبداية التشغيل نجمة / دلتا) (star / delta starter)

HP		5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	30	35
تيار الحمل الكامل (Amps)		7.5	11	15	19	22.5	26	28.5	35.6	42.3	50.4
مقاس الكابل (mm^2) عند أطوال مختلفه (m)	10	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	20	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	30	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	40	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	50	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	60	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	70	1.5	1.5	2.5	2.5	4	4	6	10	10	16
	80	1.5	2.5	2.5	4	4	4	6	10	10	16
	90	1.5	2.5	2.5	4	4	4	6	10	10	16
	100	1.5	2.5	4	4	4	6	6	10	10	16
	110	1.5	2.5	4	4	6	6	6	10	10	16
	128	2.5	4	4	6	6	10	10	10	10	16
	140	2.5	4	4	6	6	10	10	10	16	16
	180	4	4	6	10	10	10	10	16	16	25
	200	4	6	6	10	10	10	16	16	16	25

جدول (2) بيانات دليل اختيار كابلات 30º C و 415V للمضخات الغاطسة

(توصيل مباشرة على خط التغذية)(طريقة لبداية تشغيل المحرك)

HP		5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	30	35
تيار الحمل الكامل (Amps)		7.5	11	15	19	22.5	26	28.4	35.6	42.3	50.4
مقاس الكابل (mm^2) عند أطوال مختلفه (m)	10	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	20	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	30	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	40	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	50	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	60	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	70	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6
	80	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	4	6
	90	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	6	6
	100	1.5	1.5	1.5	2.5	4	4	4	4	6	6
	110	1.5	1.5	1.5	2.5	4	4	4	6	6	6
	128	1.5	2.5	4	4	4	4	4	6	10	10
	140	1.5	2.5	4	4	4	4	4	10	10	10
	180	1.5	4	4	4	6	6	10	10	10	10
	200	1.5	4	6	6	6	6	10	10	10	16

جدول (3) بيانات دليل اختيار كابلات مسطحه 3 مواصلات

مساحة مقطع الموصل (mm^2)	عدد الجدائل بالموصل/ قطر الواحدة (mm)	سمك العزل الأسمي (mm)	سمك الغلاف الأسمي (mm)	الأبعاد الكليه (أقصى)		مقاومة الموصل عند 20°C (أقصى) ohm/ km	سعة التيار عند 20°C (Amp)
				العرض (mm)	الأرتفاع (mm)		
1.0	14/0.3	0.6	0.9	10.5	5.0	18.1	11
1.5	22/0.3	0.6	0.9	12.0	5.6	12.1	14
2.5	36/0.3	0.7	1.0	14.0	6.6	7.41	18
4.0	56/0.3	0.8	1.0	16.5	7.4	4.95	26
6.0	84/0.3	1.0	1.1	18.0	8.0	3.3	31

جدول (4) دليل اختيار الكابلات للشركات المصنعه للمضخات الغاطسه

HP	تيار الحمل الكامل (Amp)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130	140	180
5	7.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5
7.5	11	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	4	4	4
10	15	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	4	6	6
12.5	19	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	6	6	6	6	6
15	22.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	4	4	6	6	10
17.5	26	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	4	4	6	6	10
20	28.4	2.5	2.5	2.5	4	4	4	4	6	6	10	10	10
25	35.6	4	4	4	4	4	4	6	6	10	10	10	16

مرفق (3)

فقد الإحتكاك بدلالة قطر الأنابيب ومعدل تدفق المياه

" فقد الإحتكاك بدلالة قطر الأنابيب ومعدل تدفق المياه "

جدول (1) فقد الإحتكاك (بوحدة مم/متر من طول الماسورة) بدلالة قطر الأنابيب ومعدل تدفق المياه (م3/ساعة)

م^3/ساعة التدفق	0.5″	0.75″	1″	1.25"	1.5″	2”	65	80	100	125	150	200
0.2	15	3										
0.5	100	20	5	1								
0.7	200	40	10	2								
1.0	400	80	24	5	2							
1.5		170	50	10	5	1						
2.0		300	90	20	9	3						
3.0			210	45	22	6	2					
4.0			320	76	35	10	5	1				
5.0				130	60	18	7	2				
6.0				170	80	25	10	3				
7.0				250	120	35	13	3				
8.0				330	140	45	17	5	1			
9.0					190	57	21	6	2			
10.0					230	70	25	7	2			
12.0					330	100	35	10	3	1		
15.0						150	53	16	5	2		
20.0						260	88	28	8	3	1	
25.0						440	138	44	13	4	2	
30.0							188	63	19	6	2	
40.0							325	112	33	11	4	
50.0								175	52	17	7	1
60.0								250	76	24	10	2
70.0								340	102	33	13	3
80.0									134	43	17	4
100.0									210	68	26	6
150.0										153	58	12
200.0										272	104	22

جدول (2) فقد الإحتكاك (بوحدة قدم/ 100 قدم من طول الأنابيب البلاستيك) بدلالة قطر الأنابيب ومعدل تدفق المياه (جالون / دقيقه)

مفقودات الإحتكاك (قدم/ 100 قدم من طول الأنابيب البلاستيك)						
جالون / دقيقه	3/8"	1/2"	3/4"	1"	5/4"	3/2"
1	3.3	1.1	0.3			
2	11.8	3.8	1.0	0.3	0.1	
3	42.5	13.7	3.5	1.1	0.5	0.1
4	62.2	20.7	5.3	1.6	0.4	0.2
5		29.0	7.4	2.3	0.6	0.3
6		49.5	12.6	3.9	1.0	0.5
8		74.5	19.0	5.9	1.6	0.7
10			68.6	21.2	5.6	2.6
20					11.8	5.6
30					20.1	9.5
40						9.5
50						14.4

الجالون = 4.55 لتر

جدول (3) فقد الإحتكاك للمواسير والتجهيزات

نوع التجهيزات والتطبيقات	مادة المواسير والتجهيزات	المقاس الإسمي للمواسير والتجهيزات						
		0.5"	0.75"	1.0"	1.25"	1.5"	2.0"	2.5"
		الطول المكافئ للمواسير (قدم)						
وصلة ربط بجزء من ماسورة إدخال (insert coupling)	بلاستيك	3	3	3	3	3	3	3
وصلة ربط مسننه (threaded adapter)	بلاستيك	3	3	3	3	3	3	3
90° كوع قياسى (90° Standard elbow)	صلب	2	2	3	4	4	5	6
	بلاستيك	2	2	3	4	4	5	6
السريان في إتجاه الماسورة وصلة حرف T (standard tee)	صلب	1	2	2	3	3	4	4
	بلاستيك	1	2	2	3	3	4	4
السريان في إتجاه الماسورة وصلة حرف T (standard tee)	صلب	4	5	6	7	8	11	13
	بلاستيك	4	5	6	7	8	11	13
بلوف المدخل (gate valve)	صلب	1	1	1	1	2	2	2
بلوف عدم راجع المتأرجح (swing check valve)	صلب	5	7	9	12	13	17	21

مرفق (4)

مكونات أنظمة ضخ المياه بالطاقة الكهروشمسية

" المواصفات الفنية الإرشادية لأنظمة الضخ الشمسي "

جدول (1) المواصفات الفنية الإرشادية لأنظمة الضخ الشمسي لبئر ضحلة (سطحية) مع مجموعة محرك تأثيري (A.C) وعاكس (انفرتر) مناسب

الوصف	1 HP	2 HP	3 HP	3 HP	5 HP	5 HP
مصفوفه PV	900 W_P	1800 W_P	2700 W_P	2700 W_P	4800 W_P	4800 W_P
قدرة المحرك	1 HP	2 HP	3HP	3 HP	5 HP	5 HP
عاكس المضخه	ثلاثي الأوجه 1 HP	ثلاثي الأوجه 2HP	ثلاثي الأوجه 3 HP	ثلاثي الأوجه 4 HP	ثلاثي الأوجه 4 HP	ثلاثي الأوجه 5 HP
الإرتفاع الديناميكي الكلي	12 m	15 m	15 m	25 m	15 m	30 m
مخرج المياه	81000 lit/d من إرتفاع كلي 10m					

جدول (2) المواصفات الفنية الإرشادية لنظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية لبئرعميقة (الغاطسة) مع مجموعة مضخة محرك تأثيري(A.C) وعاكس (انفرتر) مناسب

مصفوفه PV	1200 W_P	1800 W_P	3000 W_P	3000 W_P	3000 W_P	4800 W_P	4800 W_P
قدرة المحرك	1 HP	2 HP	3 HP	3 HP	3 HP	5 HP	5 HP
عاكس المضخه	ثلاثي الأوجه 1HP	ثلاثي الأوجه 2HP	ثلاثي الأوجه 3HP	ثلاثي الأوجه 3HP	ثلاثي الأوجه 3HP	ثلاثي الأوجه 5HP	ثلاثي الأوجه 5HP
الإرتفاع الديناميكي الكلي	45m	45m	45m	75m	100m	70m	150m
مخرج المياه	38400 lit /d لإرتفاع كلي 30m	57600 lit /d لإرتفاع كلي 30m	96000 lit /d لإرتفاع كلي 30m	57000 lit /d لإرتفاع كلي 50 m	39000 lit /d لإرتفاع كلي 70 m	51200 lit /d لإرتفاع كلي 50 m	40800 lit /d لإرتفاع كلي 100 m

جدول (٣) المواصفات الفنية الإرشادية لنظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية لبئر عميقة (غاطسة) مع مجموعة مضخة محرك تأثيري (A.C) وعاكس (انفرتر) مناسب

الوصف	1 HP	2 HP	3 HP	3 HP	3 HP	5 HP	5 HP	5 HP
PV مصفوفه	1200 W_P	1800 W_P	3000 W_P	3000 W_P	3000 W_P	4800 W_P	4800 W_P	4800 W_P
قدرة المحرك	1 HP	2 HP	3 HP	3 HP	3 HP	5 HP	5 HP	5HP
عاكس المضخه	ثلاثي الأوجه 1HP	ثلاثي الأوجه 2HP	ثلاثي الأوجه 3HP	ثلاثي الأوجه 3HP	ثلاثي الأوجه 3HP	ثلاثي الأوجه 5HP	ثلاثي الأوجه 5HP	ثلاثي الأوجه 5HP
الإرتفاع الديناميكي الكلي	45 m	45 m	45 m	75 m	100 m	70 m	100 m	150 m
مخرج المياه	38400 lit /d لإرتفاع كلي 30m	57600 lit /d لإرتفاع كلي 30m	96000 lit /d لإرتفاع كلي 30m	57000 lit /d لإرتفاع كلي 50 m	39000 lit /d لإرتفاع كلي 70 m	51200 lit /d لإرتفاع كلي 50 m	64400 lit/d لإرتفاع كلي 70 m	40800 lit /d لإرتفاع كلي 100 m

جدول (4) المواصفات الفنية الإرشادية لنظام ضخ المياه بالطاقة الشمسية لبئر عميقة (غاطسة) مع مجموعة مضخة محرك تأثيري (A.C) وعاكس (انفرتر) مناسب

الوصف	7.5 HP	7.5 HP	7.5 HP	10 HP	10 HP	10 HP
PV مصفوفه	6750 W_P	6750 W_P	6750 W_P	9000 W_P	9000 W_P	9000 W_P
قدرة المحرك	7.5 HP	7.5 HP	7.5 HP	10 HP	10 HP	10 HP
عاكس المضخه	ثلاثي الأوجه 7.5 HP	ثلاثي الأوجه 7.5 HP	ثلاثي الأوجه 7.5 HP	ثلاثي الأوجه 10 HP	ثلاثي الأوجه 10 HP	ثلاثي الأوجه 10 HP
الإرتفاع الديناميكي الكلي	70 m	100 m	150 m	70 m	100 m	150 m
مخرج المياه	128250 lit/d لإرتفاع كلي 50 m	87750 lit/d لإرتفاع كلي 70 m	57375 lit/d لإرتفاع كلي 100 m	171000 lit/d لإرتفاع كلي 50 m	171000 lit/d لإرتفاع كلي 70 m	76500 lit/d لإرتفاع كلي 100 m

مرفق (5)

تحويلات السريان وحجم المياه

" تحويلات السريان وحجم المياه "

جدول (1)

1	U.S gallon (الجالون في الولايات المتحده الأمريكيه)	= 3.78533 liters
2	British imperial gallon (الجالون الإنجليزي)	= 4.54596 liters
3	U.S gallons (جالون أمريكي)	= 1.201 British gallons
4	British gallons (جالون إنجليزي)	= 0.833 U.S gallons
5	acre (فدان إنجليزي)	= 4840 square yards
6	yard (يارده)	= 0.9144 meters
7	cubic meters (متر مكعب)	= 1231.7 × acre feet
		= 102.64 acre inch
		= 1000 liters
8	U.S gallons (جالون أمريكي)	= 325850 acre feet
9	U.S gallons (جالون أمريكي)	= 27154 acre inches
10	hectare هكتار	= 10000 m^2

جدول (2)

U.S gallons per minute (GPM)	= 7.48 ft^3/minute
	= 448.8 ft^3/ second
	= 453 acre inches /hour
ft^3/minute	= 0.1337 GPM
ft^3/ second	= 0.00223 GPM
Liters /hour	= 1699 ft^3/minute
	= 226.8 GPM
Liters /minute	= 1712.3 acre inches /hour
m^3 /hour	= 4.35 GPM

الكمية quantity هى حاصل ضرب المساحه × السرعه
وهى القاعده الأساسيه لسريان المياه (water flow)
مثلا:

الكمية بوحدة قدم^3 /ثانيه = المساحه (قدم^2) × السرعه (قدم /ثانيه)

1 inch of water depth (بوصه واحده من عمق المياه)	= 0.62 gallons /ft^2
Velocity (meters /second)	= 0.3047 ft / second
Velocity (ft /second)	= 3.281 meters /second

تحويلات المضخات:

العلاقات التاليه مع فرض أن كفاءة المضخه = 55% (وهو فرض قياسي)

GPM (جالون / دقيقه)	= (2178*HP) /feet head
Feet head	= (2178 * HP) /GPM
η of pump (كفاءة المضخه)	= (GPM/ feet head) /(HP*3960)
HP	= 0.745 KW
m^3 / second (سريان المياه)	=0.55 × (الضغط (بسكال) / قدرة المضخه (وات
liters /second (سريان مياه)	= 5.43 × (الضغط (بار) /قدرة المضخه (ك.و

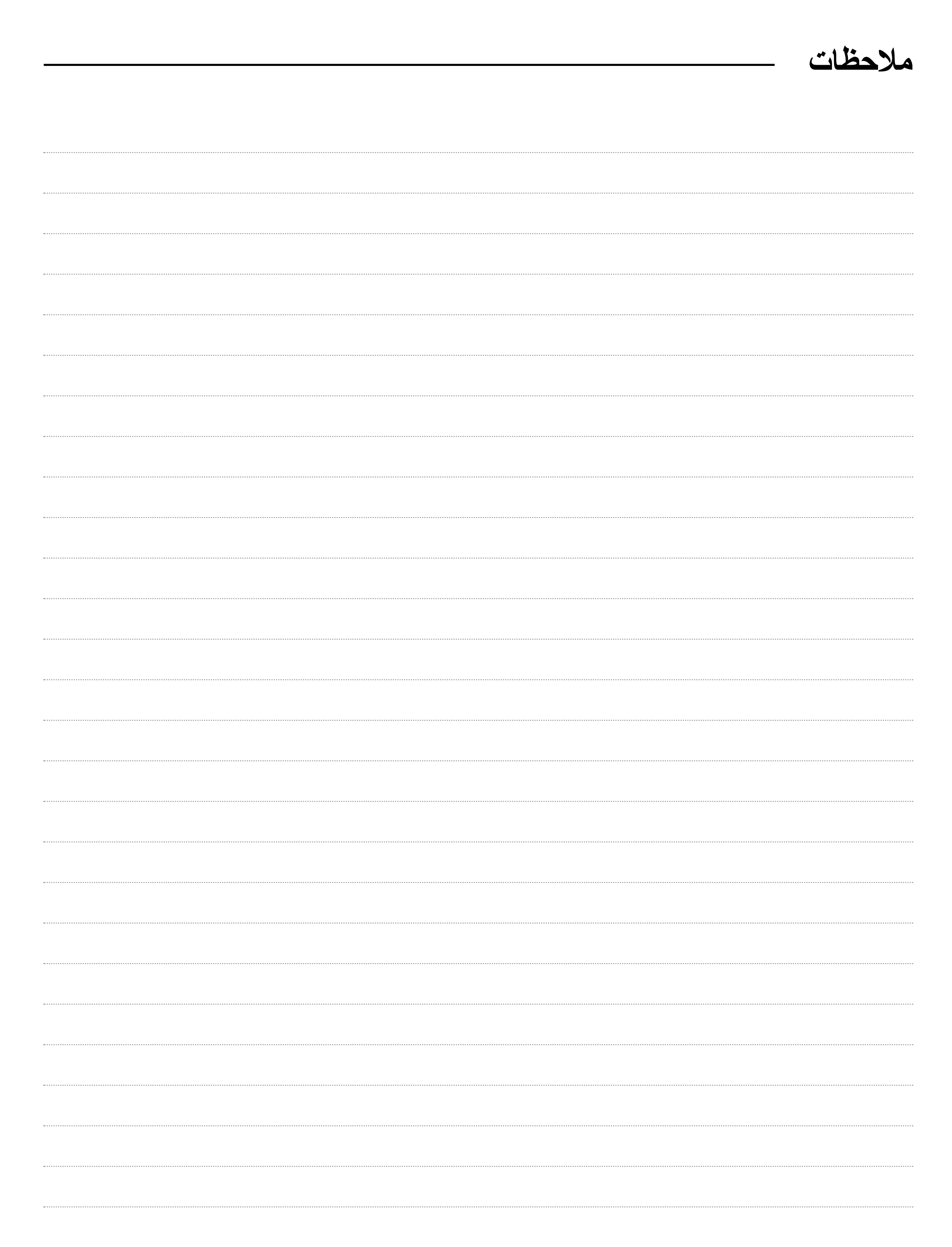
1. https://www.facebook.com/promisegr/posts/819370631427916:0
2. Designing, modeling, and testing a solar water pump for developing countries Iowa State University2002 by Abdalla M. Kishta
3. Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies S.S. Chandel a, M.Nagaraju Naik a, Rahul Chandel b.
   a) Centre for Energy and Environment Engineering, National Institute of Technology, Hamirpur 177005, Himachal Pradesh, India
   b) Solar Photovoltaic Engineering Division,Welspun Energy Ltd., Noida
   201307, Uttar Pradesh, India.
4. SOLAR WATER PUMPS: TECHNICAL, SYSTEMS, AND BUSINESS MODEL APPROACHES TO EVALUATION Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts https://cite.mit.edu/system/files/reports/Solar
5. https://slideplayer.com/slide/11693482/
6. www.electrobrahim.com/2016/11/mantage-pompe-emirgie-pdf.html
7. Water Well Design and Construction THOMAS HARTER is UC Cooperative Extension Hydrogeology Specialist at the University of California, Davis, and Kearney Agricultural Center
8. www.marefa.org
9. http://www.kiwipumps.com/troubleshooting.html
10. http://www.husainytc.com/products.html
11. https://www.researchgate.net/publication/322837903_Solar_Driven_Irrigation_Systems_for_Remote_Rural_Farms
12. https://demandasme.org/the-scaled-down-solar-pump/
13. https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-24741.pdf
14. https://www.ctc-n.org/technologies/solar-water-pumps
15. https://omrasad.blogspot.com/2015/06/blog-post_27.html
16. https://nasrsolar.com/
17. http://3ooloom.com/3ooloom/2016/10/
18. http://www.frequencyinvertervfdacdrive.com/sale-10956598-solar-water-pump-vfd-off-grid-solar-inverter-vfd-with-mppt-for-0-4kw-1132kw.html
19. http://www.leonics.com/support/article2_14j/articles2_14j_en.php

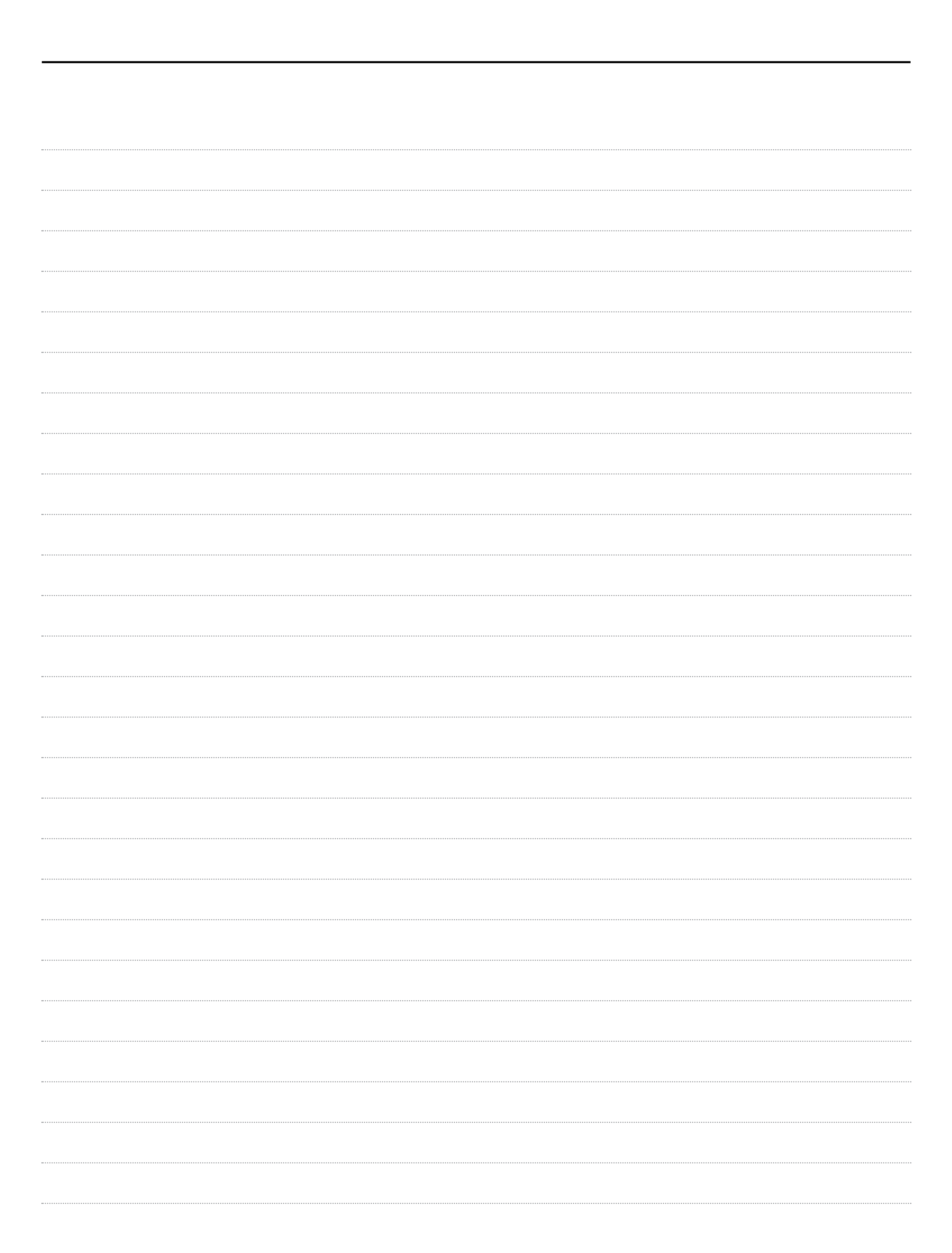
20. https://www.aliexpress.com/item/3inch-600W-DC48V-submersible-solar-water-pump-Flow-3-2m3-h-head-65m-with-MPPT-pump/32895150561.html
21. https://www.veichi.org/product/solar-water-pump-inverter/si20-synchronous-photovoltaic-pump-inverter.htmlhttp://
22. www.pakistansolartraders.com/solar-pump-inverter/
23. https://www.jovoto.com/projects/greenpeacechallenge/ideas/31393
24. http://www.humboldtsolarwaterpump.com/how-to-use-a-submersible-water-pump-24-volt-wiring-diagram/
25. https://www.altestore.com/store/info/solar-charge-controller/
26. http://www.rpssolarpumps.com/how-solar-well-pumps-work/
27. http://bryanwbuckley.com/projects/mppt.html
28. https://en.wikipedia.org/wiki/Hand_pump
29. https://www.electrobrahim.com/2015/07/pompe-emirgie.html
30. https://www.slideshare.net/SVP2243/introduction-to-solar-water-pumping
31. http://www.tress-power.com/English/ProductDetail.asp?ID=460
32. http://salembenmoussa.blogspot.com/2016/05/blog-post_20.html
33. https://www.infiniteenergy.com.au/what-is-the-difference-between-a-solar-panel-and-a-photovoltaic-cell/
34. https://www.jumaanco.com/viewproducts.php?lang=ar&c=Solar%20 Pump&cat=4&nc=1
35. https://www.altestore.com/blog/2016/05/solar-water-pumps-part-1/
36. https://www.researchgate.net/figure/Indicative-system-design-for-solar-powered-surface-water-pumps_tbl11_288989350
37. https://nasrsolar.com/
38. https://www.tru.ca/trades/programs/water/watersafe/info-operators/water-distribution-systems/pumps-motors.html
39. https://inspectapedia.com/water/Well_Pump_Life.php
40. http://3ooloom.com/3ooloom/2016/11/
41. http://hosolarenergy.com/ar/offer/i/501
42. http://www.fao.org/docrep/010/ah810e/AH810E10.htm
43. https://water.usgs.gov/edu/earthgwwells.html
44. https://sswm.info/ar/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-sources-hardware/drilled-wells
45. https://waterlife77.blogspot.com/2018/06/underground-water-treatment-wells.html
46. http://www.wikiwand.com/ar/

47. https://docs.google.com/document/d/1KpEWWxLSiHlesWmZZexn-ji-wdBpkWJCnThqoQOwKUaI/preview?markAsViewed=false
48. http://www.nzdl.org/gsdlmod
49. https://kenanaonline.com/users/promisegroup/posts/477067
50. http://www.dph.illinois.gov/topics-services/environmental-health-protection/private-water/driven-wells://
51. http://www.rocequipment.com/rcd-machines/
52. www.kelly-bar.com
53. https://slideplayer.com/slide/13747656/
54. http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/drinkingwater/wells-construction/rnpmethods.html
55. https://www.youtube.com/watch?v=JhtAU9MaIN0
56. https://www.youtube.com/watch?v=NY-vYgQWHmw
57. https://www.unicef.org/spanish/wash/files/05.pdf
58. http://sudangeo1.ahlamontada.com/t98-topic
59. https://tarek26111za.wordpress.com/2015/02/27.
60. مصر فى أرقام ، الجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء ، مارس 2015 ، صـ 175
61. ا.د مغاوري شحاتة: ملخص بحث عن «امكانيات المياة الجوفية وتعمير الآراضي الصحراوية» ابريل 1992
62. https://www.facebook.com/promisegr/posts/552577268107255
63. http://www.gafrd.org/posts/346370
64. http://www.gafrd.org/posts/336117
65. http://www.ahram.org.eg/archive/Investigations/News/30947.asp
66. http://www.ahram.org.eg/NewsQ/464861.aspx (31/12/2015)
67. http://today.almasryalyoum.com/) 12/1/2016
68. http://www.algomhuria.net.eg/ (18/1/2016
69. https://tarek26111za.wordpress.com/
70. Conference and Exhibition Indonesia Renewable and Energy Conservation (Indonesia EBTKE CONEX 2013)
71. https://www.ablesales.com.au/blog/diesel-generator-fuel-consumption-chart-in-litres.html
72. Economical Feasibility of Utilizing Photovoltaics for Water Pumping in Saudi Arabia Ahmet Z. Sahin and Shafiqur Rehman
73. https://www.researchgate.net/publication/328535191_Performance_evaluation_and_economic_analysis_of_solar_photo voltaic_ water_ pumping _systems _Case_of _Abakore_ borehole_ water_ supply_ system _in_ Keny
74. http://www.startimes.com/?t=8727511

75. http://greenpages.solar/articles.php?id=25#.XGqT8OQzZdg
76. https://wocatpedia.net/wiki/Solar_Powered_Water_Pumps
77. https://mawdoo3.com/%D8%AA%D8%AD%D9%84%D9%8A%D9%84_swot
78. https://energypedia.info/wiki/Basics_and_SWOT_Analysis_of_SPIS
79. https://energypedia.info/wiki/Solar_Powered_Irrigation_Systems_in_ Egypt
80. https://www.slideshare.net/AmitSharma658/solar-water-pumping-system-51943916
81. http://sucuu.com/editor/
82. https://kenbrooksolar.com/price-list/solar-water-pumps-price-1-2-3-5-10-hp
83. WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 168
84. Fraunhofer ISE 2016
85. http://play.google.com/store/apps/details?id=appinverter.ai-ahaanwar2.shams-copy
86. https://electronicsforu.com/technology-trends/tech-focus/solar-powered-irrigation-systems
87. diesel to solar transformation Assessing untapped solar potential in Existing off- grid systems RCREEE www.rcreee.org
88. Solar pump systems in Egypt Practical guidelines for self-Assessing giz , December 2014

ملاحظات





رقم الايداع بدار الكتب المصرية
2019 /19069
24/09/2019



01000953526
info@dynamics-eg.com
Street No. 52, Villa 192, off 90 Road,
5th Settlement, New Cairo.